Energie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

CANMET
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
Canada Centre for Mineral and Energy Technology

7752F

REVUE DE CANMET

(ancien titre: Mines)

TRAVAUX EN 1976-77

ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA
BUREAU DE RECHERCHES DE CANMET
1555, CHEMIN BLVD. [illegible]
OTTAWA [illegible]

90-04682/

REVUE DE CANMET 1976-77

(ancien titre: Mines)

RAPPORT DE CANMET 77-52 F

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources
Ottawa, Canada

Publié en vertu de l'autorisation de
l'honorable Alastair Gillespie
ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources
Gouvernement du Canada

MAY 31 1979
MAI

© Ministre des Approvisionnement et Services Canada 1979

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Hull, Québec, Canada K1A 0S9

N° de catalogue M38-13/77-52F
ISBN 0-660-90104-8

Canada: $2.00
Hors Canada: $2.40

Prix sujet à changement sans avis préalable.

TAYLOR PRINTERS LIMITED — N° DE CONTRAT 23KL.63000

Couverture Installations de CANMET pour la recherche en matière d'exploitation minière à Elliot Lake (Ont.).

Avant-propos

Le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie contribue aux programmes du Ministère sur les minéraux et l'énergie:

- en exécutant, en adjugeant des marchés et en coordonnant des travaux de recherche sur l'exploitation, l'extraction, l'utilisation et l'économie des minéraux, des métaux et des combustibles, et sur les problèmes écologiques reliés à ces activités;
- en fournissant les connaissances techniques nécessaires pour la mise en œuvre des politiques et des plans du gouvernement fédéral; et
- en diffusant à travers le pays, au bénéfice du public, des organismes gouvernementaux, de l'industrie, des chercheurs et des professionnels, de l'information sur les techniques avancées relatives aux ressources minérales et énergétiques.

Le mode de gestion à centres de décision multiples, adopté en 1975 et déjà solidement établi, répond avantageusement aux besoins et aux nécesssités économiques du pays. La facilité avec laquelle on a transféré, au cours de l'exercice 1976-77, des ressources humaines et financières importantes du Programme de recherche sur les minéraux au Programme de recherche énergétique témoigne de l'efficacité de ce mode de gestion. Ces principes de gestion s'appliquent maintenant à l'évaluation des rendements et à l'exerce d'un contrôle plus serré de l'affectation des ressources.

On a également réalisé, au cours de 1976-77, des progrès importants dans la mise en œuvre de la politique "faire ou faire faire" du gouvernement fédéral, et adjugé 67 contrats à des organismes de recherche privés, représentant une prestation totale de 2,8 millions de dollars. Trente-trois contrats, représentant en valeur 1,2 million de dollars, portaient sur les ressources minérales; les autres marchés concernaient l'approvisionnement et les techniques énergétiques.

Le directeur général
D.F. Coates

Figure 1. La laverie et le camp de la Granduc Operating Company, dans le nord de la Colombie-Britannique, occupent un site glaciaire des plus pittoresques. Photo George Hunter.

Direction de CANMET
1976-77

Directeur général: D. F. Coates
Sous-directeur général: V. A. Haw

Centres de responsabilités

Programme de recherche énergétique	D.A. Reeve
Programme de recherche minérale	W.A. Gow
Laboratoires de recherche sur l'énergie	B.I. Parsons
Laboratoires de sciences minérales	R.L. Cunningham
Laboratoires de recherche minière	T.S. Cochrane
Laboratoires de la métallurgie physique	H.V. Kinsey
Division de l'information technologique	J.E. Kanasy
Division des services techniques	E.K. Swimmings

ENERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA
BUREAU RÉGIONAL
1550, CHEMIN ST
G1S 2P1 – TÉL.

Table des matières

1 **ORGANISATION DES PROGRAMMES**

2 **Programme de recherche énergétique**

2 ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES
3 Évaluation des ressources, des réserves et de la production d'uranium
3 Évaluation de la qualité des charbons
4 Méthodes d'exploitation des mines de charbon

4 DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE ÉNERGÉTIQUE
4 Techniques d'économies d'énergie
5 Chauffage domestique
5 Additifs des fuels
5 Utilisation accrue des charbons canadiens
6 Combustion en lit fluidisé
6 Amélioration de la qualité des combustibles

6 Pétrole et gaz naturel
6 Exploitation minière des sables bitumineux
7 Séparation du bitume et du sable
7 Raffinage des bitumes et des pétroles lourds
7 Recherche et développement sur les matériaux

8 Charbon et tourbe
8 Techniques d'exploitation des mines de charbon
8 Contrôle des terrains
8 Environnement au fond de la mine
9 Sûreté des matériels d'exploitation
9 Conversion du charbon
10 Enrichissement du charbon
10 Cokéfaction

11 Traitement de l'uranium
11 Matériaux pour l'énergie nucléaire

12 Transport de l'énergie
12 Pipe-line à gaz naturel liquéfié

12 Matériaux pour le stockage et la conversion de l'électricité

12 **Programme de recherche minérale**

13 ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RESSOURCES MINÉRALES
13 Évaluation technique
13 Minéralogie du platine
13 Inventaire des ressources
13 Évaluation des ressources

14 DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE MINÉRALE
14 Exploitation minière et travaux préparatoires
14 Exploitation à ciel ouvert
15 Exploitation souterraine
16 Cimetière souterrain de déchets nucléaires

16 Traitement
17 Traitement des minerais de métaux de base
21 Traitement des métaux ferreux
21 Traitement des minéraux industriels
22 Utilisation
22 Matériaux destinés aux industries d'exploitation des ressources
22 Intégrité des matériaux métalliques
23 Mise au point de matériaux à base de substances minérales industrielles
24 Normes, spécifications et matériaux de référence
25 Transformation plus poussée des métaux
27 Économies d'énergie
27 Environnement, santé et sécurité
28 Environnement au fond des mines
29 Évacuation des déchets
31 Environnement industriel
31 Transports
31 Matériel de transport
31 Matériel pour les automobiles
32 **APPLICATION DE LA LOI CANADIENNE SUR LES EXPLOSIFS**
32 Autorisation et mise à l'essai
33 **INFORMATION SUR LES MINÉRAUX ET L'ÉNERGIE**
33 Diffusion de l'information technologique
34 Services de bibliothèque
34 Services de publication
35 **DIVISION DES SERVICES TECHNIQUES**
35 Appareil à agglomérer à chaud
36 Matrice d'essai de forgeabilité des métaux
36 Dispositif d'entraînement de l'épaississeur
36 Autres exemples de construction
37 **APPENDICE A. PERSONNEL PROFESSIONNEL DE CANMET**
45 **APPENDICE B. REPRÉSENTATION AUX COMITÉS TECHNIQUES EN 1976-77**

Organisation des programmes

Les administrateurs de CANMET se conforment au mode de gestion à centres de décision multiples; ils planifient et mettent en application les activités du Centre dans le cadre des programmes de Recherche minérale et de Recherche énergétique. Six unités fonctionnelles recoupent ces programmes: les Laboratoires de recherche minière, les Laboratoires de sciences minérales, les Laboratoires de la métallurgie physique, les Laboratoires de recherche sur l'énergie, la Division de l'information technologique et la Division des services techniques. Elles sont désignées respectivement par les sigles suivants: LRM, LSM, LMP, LRE, DIT et DST. Ces unités font partie d'une direction gérée par un directeur général assisté d'un sous-directeur général.

Les directeurs des programmes doivent fixer les objectifs et les priorités et expliquer en détails le mode de fonctionnement, les énoncés, budgets et calendriers de leurs opérations. Ceci permet de définir la tâche à accomplir, de fixer la période d'exécution et de donner à une unité fonctionnelle, la responsabilité du travail. Chaque unité fonctionnelle est placée sous la direction d'un chef de laboratoire ou d'un chef de division qui, en réponse aux demandes d'un programme, doit trouver dans son groupe un responsable de chaque activité, et décider du lieu et de la méthode de travail. En outre, le chef de chaque unité fonctionnelle doit s'assurer qu'il disposera au moment voulu des personnes ressources et du matériel nécessaires pour atteindre les objectifs des programmes.

Le présent rapport souligne les aspects principaux des divers projets et activités de CANMET dans le cadre de ses deux programmes. Le texte est structuré selon les programmes et non pas en fonction des unités fonctionnelles, les travaux de recherche apparentés mais menés dans différents laboratoires se trouvent ainsi regroupés.

PROGRAMME DE RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE

Le Programme de recherche énergétique de CANMET s'intègre au Programme énergétique du Ministère dont l'objectif est: "faire en sorte que le Canada dispose des ressources énergétiques dont il a besoin et encourager leur emploi judicieux avec le meilleur rendement possible". Le Ministère agit en tant que coordonnateur du Programme énergétique fédéral, dans le cadre des activités du Comité interministériel sur la recherche et le développement énergétique, constitué en vue de réviser tous les nouveaux projets de recherche sur l'énergie entrepris par les ministères fédéraux. Le mandat du comité comprend cinq missions: économies d'énergie, ressources renouvelables, combustibles fossiles, énergie nucléaire, transport d'énergie. Le Ministère est le chef de file en matière d'économies d'énergie et de combustibles fossiles et CANMET, responsable de la technologie à l'intérieur du Ministère, poursuit la recherche dans les domaines des économies d'énergie, des combustibles fossiles et de l'uranium. Des experts du Centre agissent aussi comme conseillers lors des prises de décisions en matière de politiques ministérielles.

Le programme de CANMET comprend deux activités importantes: l'évaluation quantitative des ressources et le développement de la technologie; les aspects les plus saillants de l'exercice en revue sont présentés dans ce chapitre.

Dans le cadre des projets sur l'évaluation quantitative des ressources, on étudie le pétrole et le gaz naturel, le charbon et la tourbe et les substances minérales radioactives. Le développement de la technologie est orienté vers les économies d'énergie, le pétrole et le gaz naturel, le charbon et la tourbe, l'énergie nucléaire, l'électricité, les ressources renouvelables et le transport de l'énergie.

L'adoption du financement par étapes représente la différence la plus notable entre cet exercice et les précédents. Ce mode d'affectation des crédits permet d'élargir le programme de CANMET en adjugeant à l'industrie, aux universités et aux sociétés d'ingénieurs-conseils, des marchés de recherche et de développement énergétiques (R-D). On a pu ainsi affecté des crédits considérables à la conversion du charbon (gazéification et liquéfaction), en vue d'effectuer, en faveur de l'industrie, un transfert de technologie dans ce domaine. Les propositions acceptées dans le cadre de ce programme ont fait l'objet d'un financement sur la base d'une participation égale des deux parties.

Les chapitres suivants donnent les faits saillants des réalisations de CANMET pendant l'exercice 1976-77. Les travaux de recherche ont couvert un large éventail allant des techniques d'exploitation minière aux problèmes d'approvisionnement de matériaux, y compris la combustion et la métallurgie physique appliquée à la construction des pipe-lines, en passant par les divers traitements (extraction du bitume des sables bitumineux, carbonisation de la houille, lavage du charbon, etc.). Ce programme comprend également un vaste secteur consacré à l'évaluation des ressources, entre autres, le financement de projets de forage entrepris avec certaines provinces ou avec le ministère de l'Expansion économique régionale (EER). L'évaluation des ressources ne constitue pas vraiment une activité de recherche énergétique, mais pour mettre sur pied un programme de R-D énergétiques viable, il est essentiel de savoir quelles sont exactement les ressources du Canada. Une bonne partie des travaux est effectuée actuellement sur le site de l'installation pilote de démonstration, dans le cadre du Programme de recherche énergétique, mais on effectuera encore plusieurs travaux de recherche de base en laboratoire. Il est essentiel d'avoir un foyer d'activité de recherche au Centre, afin de maintenir parmi le personnel des compétences suffisantes pour développer, avec le concours (y compris le concours financier) de l'industrie canadienne, des usines de démonstration à l'échelle industrielle.

Évaluation quantitative des ressources énergétiques

Le gouvernement fédéral a reçu le mandat général, dans l'intérêt national, de déterminer l'importance des ressources du pays en combustibles nucléaires et fossiles. Récemment, ce mandat a été élargi aux réserves, en vue de donner au gouvernement plus d'éléments sur quoi baser, de façon rationnelle, la formulation de sa politique énergétique et son action en matière de gestion des ressources. Traditionnellement, CANMET contribuait à cet effort en évaluant la qualité des combustibles nucléaires et fossiles, et plus particulièrement l'uranium et le charbon. Des études portent aussi sur les pétroles lourds, le bitume des sables bitumineux et la tourbe.

On réalise de plus en plus que l'exploitation économique des ressources à long terme commande une réglementation basée sur des données mécanographiques disponibles relatives aux réserves. L'uranium en est l'exemple le plus significatif; il est facile de procéder à une évaluation globale de cette ressource à l'échelle nationale puisque toutes les sociétés de prospection et d'exploitation doivent obligatoirement communiquer aux autorités fédérales toute l'information qu'elles possèdent sur leurs carottes de forage; le gouvernement peut donc établir une évaluation objective des réserves correspondant à un ensemble donné de conditions économiques (coûts, offre et demande). En outre, comme la production et la vente de l'uranium sont réglementées, il est possible d'évaluer et de prévoir les capacités de production de l'industrie. Cette évaluation est plus difficile dans le cas du charbon,

car les provinces et les sociétés charbonnières ne communiquent pas aux autorités fédérales toute l'information dont elles disposent sur les ressources et les réserves. La production du charbon dépend en grande partie de la demande. Le Ministère est partie contractante, parfois avec les ministères de l'Expansion économique régionale (EER) ou de l'Industrie et du Commerce (IC), à des conventions dont l'objet est l'inventaire des ressources de charbon des provinces, ce qui lui donne un accès direct à une information pertinente et lui permet d'évaluer plus facilement les réserves du pays.

La longue expérience du personnel de CANMET en matière de charbon et d'exploitation minière permet d'ajouter deux nouveaux facteurs, l'exploitation par techniques minières et la possibilité d'une production rentable, aux critères déjà utilisés pour évaluer les réserves. Mais cette évaluation se compliquera à mesure que s'épuiseront les gisements de lignite de la Saskatchewan, exploités à ciel ouvert et faciles à évaluer, et que les efforts devront porter sur les charbons plus difficiles à exploiter des Prairies, des Foothills et des régions montagneuses, habituellement extraits par voie souterraine.

Évaluation des ressources, des réserves et de la production d'uranium

Le Groupe d'évaluation des ressources en uranium (GERU), présidé par le sous-ministre M. G.M. MacNabb, est chargé de superviser le programme du Ministère en matière d'uranium. Il délègue certaines de ses responsabilités à des sous-comités formés au sein du Secteur de la politique de l'énergie, de la Commission géologique du Canada (CGC) et de CANMET.

Dans le cadre de cette activité, CANMET a la responsabilité d'évaluer les réserves de minerai d'uranium, à partir des données disponibles sur les carottes de forage, en particulier les données fournies par l'industrie. Afin de pouvoir évaluer les ressources annuellement, des méthodes avancées d'évaluation, basées sur la géostatistique et l'emploi de l'ordinateur, ont été mises au point. CANMET doit aussi estimer la capacité de production des sociétés d'uranium, actuelles et futures, et tenir cette information à jour.

En 1976, le sous-comité de CANMET a concentré ses efforts sur la mise en mémoire adressable de l'information relative aux gisements d'uranium. Le stock de données mécanographiques primaires relatives aux résultats des sondages effectués sur le Denison Main Reef, constitué en 1975, a été mis à jour et placé en mémoire adressable en élaborant des stocks de données mécanographiques primaires relatives aux résultats d'essais pour neuf amas de minerais distincts. Le même traitement a été appliqué à deux gisements de minerais sur le flanc sud du synclinal d'Elliot Lake, à deux gisements à Terre-Neuve et à deux autres en Saskatchewan.

A partir de ces stocks de données, on a procédé au calcul géostatistique des réserves de minerais d'Elliot Lake et on a évalué les réserves des gisements de Terre-Neuve et de la Saskatchewan par les méthodes traditionnelles; dans ces derniers cas, on se basait sur une estimation, faite par ordinateur, des données primaires des gisements.

La comparaison des résultats obtenus, d'une part par calculs déterministes effectués manuellement comme autrefois et d'autre part par calculs probabilistes de la géostatistique effectués par ordinateur, a été très encourageante. Dans un cas de référence, les réserves estimées d'une société ont été confirmées à 17 % près, en utilisant seulement 5 % des sondages effectués par cette société.

On devrait pouvoir mettre en mémoire adressable, d'ici un an, l'information concernant la quasi totalité des gisements d'uranium du Canada, en constituant des stocks de données relatives aux résultats des sondages et des échantillonnages. Ce travail comportera également la préparation, pour chaque gisement, d'un programme de calcul adéquat basé sur les méthodes de la géostatistique. Un bon fichier central et des programmes de calcul basés sur la géostatistique devraient permettre une réévaluation rapide d'un gisement, en fonction des fluctuations des prix et des coûts.

On a entrepris l'évaluation de la capacité de production future de toute l'industrie de l'uranium au Canada en fonction des facteurs techniques, économiques et politiques. Les sociétés doivent communiquer au gouvernement pour cette évaluation, les données géologiques dont elles disposent, mais elles ne sont pas tenues de révéler leurs coûts de production. La capacité de production au Canada devrait normalement passer de 7 550 tonnes courtes d'U_3O_8 en 1976 à 15 000 tonnes en 1984. Cette prévision tient compte de la préparation de concentrés à partir de minerais à faible teneur, de la mise hors service de certaines installations à mesure que les réserves rentables s'épuisent et de la mise en production de nouvelles mines.

Évaluation de la qualité des charbons

L'évaluation des ressources charbonnières du Canada a toujours été basée sur les études géologiques et sur l'estimation du volume et du tonnage du charbon en place sans trop porter attention à la qualité de ce charbon. Au cours des années, CANMET a assemblé un fichier central dont l'information provient des travaux de la CGC et des échantillons fournis par l'industrie. On peut, à partir de ces données, dresser l'inventaire des ressources charbonnières du Canada. La question d'instituer un inventaire des ressources charbonnières a pris récemment une importance primordiale au Ministère, étant donné les pressions exercées en vue de la formulation d'une politique nationale en matière de charbon et de la mise sur pied d'un comité ministériel du charbon.

Depuis 1972, le Ministère et la Saskatchewan évaluent les ressources en lignite de la formation de Ravenscrag située au sud de cette province. Cette opération d'avant-garde repose sur la logistique et les méthodes d'évaluation les plus modernes. Les données ont été compilées pour constituer des programmes d'ordinateur utilisables, mais les mesures géophysiques nécessaires correspondantes, effectuées lors des sondages, et les données sur la chimie des charbons n'ont pas encore été établies correctement en profondeur. Sans ces mesures, les diagrammes géophysiques qui ne sont pas accompagnés de résultats d'analyse chimique ne pourront pas être interprétés en fonction de la qualité du charbon.

En 1974, le ministère de l'Expansion économique régionale et la Nouvelle-Écosse ont entrepris de dresser l'inventaire des ressources charbonnières de cette province situées en dehors de la région de Sidney. Depuis lors, les opérations de forage au diamant et d'analyse de carottes, entreprises par CANMET, se poursuivent comme prévues. Cependant, la date d'achèvement, initialement fixée à mars 1977, a été repoussée à mars 1978, en raison des résultats encourageants obtenus dans certaines des régions prospectées. On prévoit étendre le programme aux ressources au large des côtes qui se trouvent au delà des limites des ressources actuellement exploitables.

Un premier forage, effectué au début de 1977, a marqué le début d'un programme conjoint entre le ministère de l'Expansion économique régionale et le Nouveau-Brunswick, visant à dresser l'inventaire des ressources charbonnières de cette province. De tels programmes sont d'autant plus importants que les provinces maritimes dépendent au plus haut degré du pétrole importé.

La recherche a porté également sur la mise au point de meilleures normes et techniques d'analyse. Les efforts conjugués dans ce sens, tant à l'échelle nationale qu'internationale, ont abouti à la mise au point d'une méthode normalisée de détermination de la teneur en mercure des charbons et on a publié des données sur la teneur en mercure des charbons marchands canadiens. On tente actuellement de fixer une norme internationale portant sur la détermination des éléments principaux contenus dans les cendres de charbon, par spectroscopie d'absorption atomique. Des travaux sont en cours en vue de mettre au point une méthode de détermination du fluor et d'autres éléments présents en traces dans le charbon. On a perfectionné la méthode d'analyse par fluorescence de rayons X utilisée pour déterminer les principaux constituants des cendres de charbon; l'analyse est maintenant plus rapide et plus précise.

Méthodes d'exploitation des mines de charbon

Les ressources charbonnières du Canada sont importantes, mais leur exploitation commerciale peut dépendre, de façon critique, de la disponibilité de méthodes d'exploitation adéquates. Toutefois, le volume des réserves est fonction des coûts d'exploitation. Maintenant qu'un fichier de données valables est disponible sur la géologie des gisements et sur la quantité et la qualité de leurs charbons (analogue au fichier sur les lignites de Ravenscrag en Saskatchewan), on peut préparer des programmes d'ordinateur permettant de combiner ces données avec d'autres sur l'exploitabilité, la production et les débouchés. Pour donner un exemple des possibilités qu'offrent de tels programmes dans le cadre des projets d'exploitation d'une ressource, CANMET a préparé un programme détaillé, applicable aux lignites de la Saskatchewan, permettant de faire un choix parmi divers types d'exploitation à la dragline, en donnant pour chaque cas les coûts d'investissement et d'exploitation. Le programme a été vérifié par comparaison avec les résultats d'exploitation de la Saskatchewan Power Corporation et il pourra être utilisé dès que le fichier du charbon de la Saskatchewan sera disponible en 1977. Il sera alors possible de dresser des cartes de lignes de contour donnant les limites d'exploitabilité des gisements pour des niveaux donnés de rentabilité et des taux annuels établis de production. Cette information sera très précieuse pour les prises de décisions concernant l'emplacement et le développement d'un site d'exploitation minière, et devrait stimuler la demande de programmes semblables à mesure que de nouveaux inventaires de données seront disponibles.

Développement de la technologie énergétique

L'effort de recherche de CANMET en matière d'énergie est consacré en grande partie au développement de la technologie énergétique et l'objectif principal de ces activités est d'acquérir une capacité technique adéquate dans les domaines de l'approvisionnement de la transformation et de l'utilisation de l'énergie. Les efforts principaux portent sur les économies d'énergie, le pétrole et le gaz naturel, le charbon et la tourbe, le transport d'énergie. L'énergie nucléaire et l'électricité sont aussi l'objet d'un effort de recherche, encore que moins intense.

CANMET a la charge de coordonner la recherche, la mise au point et la démonstration de nouvelles techniques, de financer ou de stimuler la R-D effectués dans les secteurs privés et universitaires, de poursuivre des travaux de R-D pour aider le Ministère à atteindre ses objectifs et d'encourager l'application industrielle des résultats des travaux de recherche réussis.

Techniques d'économies d'énergie

En matière de techniques d'économies d'énergie, l'effort principal de CANMET a porté sur une meilleure utilisation des combustibles, en

particulier sur l'obtention d'un meilleur rendement de la combustion du charbon et du mazout. Des travaux sont aussi en cours pour établir des stratégies permettant de substituer un combustible à un autre, de façon à économiser les combustibles rares ou dont l'approvisionnement est critique en les remplaçant par d'autres, plus abondants et meilleur marché.

La recherche sur la combustion a été menée en majeure partie par le Laboratoire canadien de recherche sur la combustion (LCRC) de Bells Corners, dans la banlieue d'Ottawa. L'accroissement des effectifs et des crédits et certaines opérations menées conjointement avec des utilisateurs de combustibles, comme les services publics d'électricité, ont entraîné un regain d'activité considérable au cours du dernier exercice.

Chauffage domestique

Tous les Canadiens sont intéressés directement par l'utilisation domestique de l'énergie, et doublement intéressés s'ils en considèrent les répercussions sur leur porte-monnaie. Cette utilisation représente quasi 20 % de toute la demande énergétique au Canada. L'huile et le gaz naturel fournissent une bonne partie de l'approvisionnement énergétique dans les foyers, mais on prévoit des pénuries et une hausse certaine des prix pour ces deux combustibles.

On a fait des essais dans 14 maisons d'habitation, en vue d'obtenir des données expérimentales (en conditions d'utilisation réelle) sur la façon d'améliorer le rendement des brûleurs de calorifère. Les modifications étudiées à cet effet comprenaient des dispositifs et des modes de fonctionnement tels que: injecteurs de différents calibres, soupapes solénoïdales d'arrêt d'huile, régulateurs de triage automatiques et thermostats à double réglage jour et nuit. Les économies de combustible ainsi réalisées dépassaient 20 % dans certains cas.

Figure 2. Le diamètre des larges tubes de gazoducs est impressionnant. Ce technicien mesure, à l'aide d'extensomètres, les tensions internes dans un tube de 42 po (106 cm) de diamètre et de 0,54 po (13,7 mm) d'épaisseur.

En collaboration avec Kanata Pollution Probe, on a surveillé pendant l'hiver 1975-76 le rendement des calorifères de 120 maisons. Ce dernier varie énormément d'un calorifère à l'autre; et on a aussi découvert qu'un nombre de suie relativement élevé ne correspondait pas à une baisse de rendement aussi importante qu'on pourrait l'imaginer.

La brochure 100 façons d'économiser chez soi énergie et dollars a été réimprimée et mise à jour en 1976; elle a été diffusée à plus de 1,2 million d'exemplaires. On a également distribué la brochure Payez moins, chauffez mieux, rédigée par le LCRC et publiée par le Bureau de la conservation de l'énergie.

Un fabricant de calorifères a commencé la construction de deux prototypes du calorifère à air chaud et du brûleur à mazout, dit "à flamme bleue", mis au point par le LCRC. Ces deux prototypes ont été mis à l'essai en 1977.

Additifs des fuels

L'importance donnée à travers le pays aux économies d'énergie s'est traduite par un regain d'activité dans la recherche de produits d'addition permettant de réaliser des économies de combustible. Les consommateurs éprouvent souvent de la difficulté à se faire une idée de la valeur réelle des additifs, surtout à cause des opinions contradictoires émises à ce sujet. En vue d'obtenir une information plus complète sur le comportement des additifs, le LCRC a installé une petite chaudière à vapeur, alimentée à l'huile à chauffage n° 2 ou au résidu de distillation et équipée pour déceler les effets, même marginaux, des additifs.

A la suite de la controverse au sujet d'émulsions d'eau dans l'huile, on a procédé à des expériences avec diverses proportions d'eau en émulsion dans l'huile à chauffage n° 2. Les résultats montrent une amélioration optimale apparente du rendement de combustion de 1 à 1,5 % pour une émulsion à 5 % d'eau, ce qui est dans les limites des variations normales des conditions de fonctionnement d'un calorifère domestique et ne saurait, par conséquent, être considéré comme significatif. Tout semble indiquer cependant qu'on pourrait obtenir une amélioration plus importante avec des émulsions d'eau dans du résidu de distillation et d'autres expériences sont prévues.

Utilisation accrue des charbons canadiens

L'utilisation accrue des charbons canadiens, pour remplacer les produits pétroliers et le gaz, dans l'industrie plus particulièrement, pourrait constituer une solution valable pour contourner la pénurie de combustible prévue à court et à moyen termes.

Cependant, les variations dans les propriétés de combustion des différents charbons, certains ayant même un pouvoir calorifique très faible, et le maintien de rendements thermiques élevés, tout en respectant les normes relatives à la pollution atmosphérique, posent des problèmes.

Utilisant une chaudière-pilote, des chercheurs du LCRC ont établi les conditions optimales de combustion, dans les chaudières de centrales énergétiques, pour deux charbons de l'Alberta qui pourraient servir de substitut ou de complément aux charbons importés. On a évalué le rendement de combustion de six échantillons de charbon provenant de Hat Creek (C.-B.), ce qui a permis de définir les spécifications techniques pour la construction d'une nouvelle centrale de 5 000 MWe, possiblement la plus grande au monde.

En vue de réduire la consommation de produits pétroliers dans les calorifères industriels de l'Est du Canada, on a entrepris, de concert avec la Nova Scotia Power Corporation, un programme d'essais de combustion des boues charbon-pétrole. On peut mettre en suspension dans l'huile jusqu'à 35 % de charbon en poudre mais il semble que les cendres provenant du charbon pourraient s'infiltrer dans les intervalles très étroits entre les tubes des chaudières alimentées à l'huile.

Combustion en lit fluidisé

Les techniques classiques de combustion du charbon ne pourront s'accommoder de variations importantes dans la nature et la qualité du volume considérable de charbon à brûler et respecter, en même temps, les conditions imposées par la nécessité de protéger l'environnement. Les techniques de combustion en lit fluidisé offrent des possibilités intéressantes en ce qui concerne les émissions de polluants à faibles teneurs en soufre et en oxydes d'azote et une faible sensibilité à la qualité du charbon brûlé; elles présentent donc les meilleures perspectives d'avenir. Bien que ces techniques soient connues depuis longtemps, on commence à peine à reconnaître leur fiabilité.

Le LCRC a mis en service une chaudière à lit fluidisé de 12 pouces de diamètre munie d'un brûleur d'allumage immergé, et on a réussi des essais effectués avec divers charbons et d'autres combustibles. En plus de poursuivre les expériences sur les caractéristiques des combustibles et le contrôle de la combustion dans cette chaudière, on encourage la mise au point de ce prototype à l'échelle industrielle.

Amélioration de la qualité des combustibles

Le coke de pétrole, en particulier celui obtenu à partir du traitement des sables bitumineux, a souvent une forte teneur en soufre, ce qui limite ses possibilités d'utilisation comme combustible ou comme matière première dans la fabrication d'électrodes. Au cours d'expériences consistant à traiter au four électrique du coke contenant 5,75 % de soufre, on a obtenu des échantillons dont la teneur en soufre ne s'élevait qu'à 0,1 %, mais les résultats n'étaient pas constants pour tout le lot traité; les prochaines expériences auront précisément pour but d'arriver à des résultats invariables. On a également essayé de programmer un petit ordinateur muni de détecteurs appropriés, afin de recueillir plus de données des travaux de recherches et de préparer ainsi des programmes visant à assurer un contrôle plus précis du fonctionnement de la chaudière.

Pétrole et gaz naturel

Le programme de R-D de CANMET sur le pétrole et le gaz naturel a été axé sur l'extraction et le traitement du bitume des sables bitumineux et des pétroles bruts lourds de l'Alberta, qui représentent une réserve de combustibles liquides immense mais coûteuse à exploiter. Les gisements de sables bitumineux qui se prêtent aux méthodes actuelles d'exploitation minière sont limités; il faudra donc mettre au point de nouvelles techniques pour l'avenir. En outre, les procédés de transformation des sables bitumineux, employés actuellement ou prévus, produisent un coke à forte teneur en soufre, dont la combustion ne permet de rencontrer les normes environnementales qu'avec difficulté. Un procédé mis au point dans les laboratoires de CANMET élimine la production de coke; il fait appel à l'hydrogénation thermique et catalytique sous forte pression pour accroître la production en combustibles synthétiques liquides.

Une autre recherche portait sur la mise au point de méthodes d'analyse permettant de caractériser les charges d'alimentation et les produits, en vue d'améliorer le réglage du procédé et d'évaluer son efficacité. Des études ont porté sur certaines molécules d'hydrocarbones, comme les asphaltènes, qui peuvent jouer un rôle important dans la formation du coke, sur certaines substances, azotées ou autres, susceptibles d'empoisonner les catalyseurs, et sur certains composés du soufre, pour obtenir de l'information sur les procédés de désulfuration.

Exploitation minière des sables bitumineux

L'exploitation minière à ciel ouvert, pratiquée actuellement dans le cas des sables bitumineux, n'est plus rentable dès que l'épaisseur des morts-terrains dépasse environ 61 m (200 pi). Mais les méthodes d'extraction de rechange in situ, déjà élaborées, exigent une couverture d'au moins 305 m (1 000 pi) de morts-terrains pour résister aux pressions mises en jeu. Entre ces deux limites, existent d'énormes gisements de sables bitumineux, évalués à la moitié

du volume total, pour lesquels l'exploitation minière souterraine serait la seule méthode de récupération praticable.

En 1976, le creusement de la galerie de dérivation du ruisseau Saline, entrepris pour le compte du ministère des Transports de l'Alberta, représentait un important projet d'ingénierie et constituait la première grande excavation souterraine dans les sables bitumineux. CANMET a participé, en collaboration avec l'Alberta Oil Sands Technology Research Association (AOSTRA), à l'étude technique du projet, et était chargé de la surveillance continue des dégagements gazeux tel le méthane et le sulfure d'hydrogène. L'analyse du gaz et du bitume a été confiée, par contrat, à des organismes extérieurs.

Pour compléter et élargir l'information obtenue à partir des travaux de creusement, on a commandé la préparation d'une étude à forfait intitulée "The feasibility of, and requirements for developing near-surface mining systems" (Étude de faisabilité et de spécifications en vue de la mise au point de méthodes d'exploitation minière souterraine à faible profondeur). Tout porte à croire que les résultats de cette étude, et le capital de compétences que l'on s'efforce de développer actuellement au Centre, permettront de procéder à des essais préliminaires d'exploitation minière en 1977-78.

D'autres recherches en cours visent à identifier les problèmes et les possibilités de développer d'autres opérations d'exploitation minière à ciel ouvert, car cette pratique restera sans doute, pendant de longues années encore, la principale méthode d'extraction des sables bitumineux.

Séparation du bitume et du sable

Le procédé à l'eau chaude actuellement utilisé pour la séparation du bitume et du sable est efficace mais exige un très grand bassin décantateur dans le circuit de recyclage de l'eau, car les résidus sable-eau contiennent de fines particules d'argile en suspension qui se déposent très lentement. CANMET cherche de nouvelles méthodes pour remplacer le procédé à l'eau chaude et a accordé des contrats de recherche à cet effet. Une petite installation pilote, utilisant un procédé à l'eau froide conçu pour résoudre le problème du recyclage de l'eau et consommer moins d'énergie, fonctionne déjà et on évalue présentement, en laboratoire, plusieurs procédés faisant appel à l'activité microbienne pour fournir des agents tensis-actifs susceptibles de faciliter la séparation du bitume et du sable.

Raffinage des bitumes et des pétroles lourds

A l'usine-pilote de Bells Corners, on met actuellement au point le procédé d'hydrogénation de CANMET, parfois appelé "Extendoil", qui a un rendement de un baril par jour, et on construit une autre installation semblable, en vue d'augmenter la capacité d'expérimentation.

Déjà, on opérait sous une pression de 3 500 par po^2 (24,5 MPa) pour obtenir l'hydrogénation sans production de particules de coke susceptibles d'encrasser le réacteur. Mais une telle pression est trop élevée pour que le procédé soit rentable à l'échelle industrielle; on a donc entrepris, en 1976, des expériences visant à hydrogéner sous des pressions moins élevées sans encrassement du réacteur par formation de coke. On a également augmenté la vitesse spaciale horaire (liquide), soit le rapport du volume liquide passant dans la zone de réaction en une heure, pour augmenter la capacité du réacteur; dans certaines expériences, on a utilisé des additifs catalytiques ou non catalytiques.

Au cours d'un essai d'une durée de 21 jours sur du bitume de l'Athabasca, on a obtenu une diminution importante de la formation de coke à une pression de 1 500 par po^2 (10,5 MPa) en ajoutant du charbon en poudre à la charge d'alimentation. Des résultats semblables ont été obtenus lors d'expériences de plus courte durée sur du bitume de Cold Lake produit par une méthode d'extraction in situ. On ne sait pas encore si le charbon agit en tant que catalyseur ou simplement en tant qu'agent d'épuration.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec un catalyseur au sulfate de fer déposé sur le charbon, grâce auquel aucun dépôt ne s'est formé sur les parois du réacteur. Sans additif, il se forme au contraire environ 300 grammes de dépôt par jour.

D'autres expériences portaient sur l'hydrogénation non catalytique et modérée du bitume, hydrogénation juste suffisante pour remplir les conditions imposées pour le transport par oléoduc, afin de pouvoir expédier le bitume vers une importante raffinerie sans avoir à le transformer davantage sur place. On a utilisé des catalyseurs au cobalt-molybdène, sur support d'alumine ou de charbon, pour améliorer l'hydrogénation.

Les catalyseurs grèvent les procédés d'hydrogénation de nouvelles charges d'exploitation, qu'il faut compenser en améliorant le rendement ou les conditions d'exploitation. Plusieurs projets de recherche ont été entrepris pour atteindre ce but: fabrication de catalyseurs peu coûteux, utilisant le charbon comme getter ou support de catalyseur; mise au point, par des variations dans la composition, de catalyseurs résistants à l'encrassement afin d'accroître leur durée de vie; addition de promoteurs; variations des dimensions des pores et d'autres caractéristiques du support de catalyseur; régénération des catalyseurs pour lesquels on a mis au point un procédé simple et déposé une demande de brevet.

Recherche et développement sur les matériaux

D'autres travaux ont porté sur la mise au point de matériaux résistant à l'abrasion, employés dans le traitement des sables bitumineux, car les arêtes vives des particules de sable provoquent l'usure rapide de l'équipement utilisé pour creuser le sable

et pour le transporter ou le manutentionner sous forme de boues sable-eau.

Actuellement, beaucoup de pièces, comme les dents de pelles excavatrices, sont traitées par recharge après moulage pour les rendre résistantes à l'usure. CANMET tente de mettre au point un procédé en une seule étape, où l'incorporation d'une couche dure ferait partie intégrante de l'opération de moulage, ce qui simplifierait grandement le processus de fabrication. On a obtenu quelques succès, en laboratoire, avec des pièces expérimentales moulées.

Il semble possible d'agir sur la vitesse d'usure des tuyaux, causée par la circulation des boues sable-eau, en ajoutant à l'eau des oxydants et d'autres composés chimiques. CANMET étudie actuellement la possibilité de prolonger par ce moyen la durée de vie utile des tuyaux d'acier.

Charbon et tourbe

En 1976, l'effort de recherche dans cette activité a été limité au charbon. Les opérations entreprises portaient principalement sur la conversion du charbon et la production du coke.

Techniques d'exploitation des mines de charbon

La production annuelle de charbon au Canada est passée de 20 millions de tonnes environ en 1950 à un minimum de 10,7 millions de tonnes en 1969, pour remonter ensuite à 28 millions de tonnes environ en 1975. Pour les trois années mentionnées, la consommation au pays, compte tenu des importations, a atteint 45, 26,5 et 30 millions de tonnes respectivement. Dans les années à venir, le charbon jouera un rôle important en remplaçant les réserves pétrolières canadiennes qui s'amenuisent, et en fournissant, grâce à son exportation, des devises étrangères. Il faudra donc augmenter la production de charbon et, par conséquent, exploiter de nouvelles mines souterraines et à ciel ouvert. Une bonne partie de la recherche de CANMET en matière d'exploitation des mines est menée, en collaboration avec les exploitants de mines, sur le terrain plutôt qu'en laboratoire; la base d'opérations pour la plupart des travaux de recherche est au Bureau de l'Ouest, situé à Calgary.

Contrôle des terrains

Une partie importante des travaux de recherche de CANMET sur l'exploitation des mines de charbon a pour but d'obtenir des données quantitatives sur le comportement des couches de terrain et les affaissements en surface pouvant servir à améliorer les projets et les opérations d'exploitation, en vue d'assurer la meilleure récupération possible et de réduire les risques pour la santé.

Dans deux chantiers d'exploitation du charbon de la McIntyre Mines Ltd., divers instruments, tels les extensomètres et les jauges de contrainte, servent à recueillir des données sur les déformations des piliers et des galeries. La surveillance des déformations des couches de terrain provoquées par l'exploitation simultanée de plusieurs veines a permis de distinguer différents stades de déformation résultant de travaux de sous-cavage. Une telle cueillette systématique de données est la première dans l'Ouest du Canada. L'information a déjà servi à la mise au point de systèmes d'entretien préventif et devrait avoir une valeur inestimable pour la planification de nouveaux projets d'exploitation.

CANMET étudie également le comportement des couches de terrain dans les mines de la Kaiser Resources Ltd. exploitées par abattage hydraulique; les veines sont très puissantes et ont un fort pendage. Jusqu'à présent, les déplacements globaux, la déformation des piliers et la pression sur le soutènement ont été remarquablement faibles. En plus des études sur les déformations de terrain, on met au point des techniques permettant de surveiller les affaissements en surface dus à l'exploitation souterraine du charbon. Il est particulièrement important de mettre au point des instruments pour mesurer les affaissements en hiver alors que les levés de terrain par les méthodes normales sont impossibles.

Dans l'Ouest et en Nouvelle-Écosse, on évalue diverses méthodes de soutènement des toits en vue de recueillir une information qui devrait s'avérer fort utile pour des projets d'exploitation.

Environnement au fond des mines

L'environnement minier représente un deuxième sujet important de recherche en matière d'exploitation. La surveillance continue de la teneur en monoxyde de carbone de l'atmosphère dans une mine permet de déceler des vitesses élevées d'oxydation du charbon qui peuvent produire de la chaleur et déclencher une combustion spontanée, et d'obtenir une indication valable de la qualité de l'atmosphère dans l'intérêt de la santé des mineurs. La détection de montées brusques de la teneur en monoxyde de carbone est de prime importance, car ces montées peuvent indiquer des accroissements de l'activité d'oxydation. C'est la première fois qu'on installe un appareil d'enregistrement permanent aussi perfectionné dans une mine canadienne.

En plus de la surveillance de la teneur en monoxyde de carbone, on poursuit des recherches dans le domaine du balayage en infrarouge, en vue de la détection directe des points chauds représentant des régions d'oxydation très intense ou indiquant le siège de feux non visibles. Cette technique devrait s'appliquer dans les cas où la détection du monoxyde de carbone devient difficile.

Le méthane pose un sérieux problème dans certaines mines et a causé des explosions. Des

travaux de recherche actuellement en cours ont pour objectif la réduction de ces dégagements par l'extraction du gaz des veines de charbon, c'est-à-dire par drainage du méthane. Des contrats de recherche ont également été accordés en vue d'étudier la possibilité d'extraire, par cette technique, du méthane des mines de charbon en quantités utilisables. Des travaux se poursuivent sur l'aérage, une autre méthode pour réduire la teneur en méthane.

Sûreté du matériel d'exploitation

Le troisième domaine important de recherche est la sûreté du matériel d'exploitation. Dans les mines de charbon, les risques de feux provoqués par de la machinerie mal conçue sont élevés. Le personnel du Laboratoire canadien de recherche sur les atmosphères explosives (LCRAE) étudie la possibilité d'éliminer les risques d'inflammation des atmosphères explosives sous l'effet des étincelles ou des arcs produits par l'équipement électrique, ou des flammes ou points chauds des dispositifs d'échappement des moteurs Diesel. Au cours de l'année 1976, on a découvert la cause de la défaillance d'un nouveau type de coupe-flamme de Diesel et on a corrigé ces défauts de fabrication afin de rendre le dispositif acceptable. En collaboration avec le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), on a démontré qu'un Diesel à haute compression pouvait continuer à tourner après la fermeture du robinet d'alimentation en carburant, avec un mélange de composition adéquate d'air-méthane de l'atmosphère; il faut donc prévoir, en plus du robinet de coupure du carburant, un robinet d'arrêt sur l'entrée d'air.

Conversion du charbon

Les techniques de conversion du charbon en produits gazeux ou liquides, gazéification et de liquéfaction, mises au point au cours de la Seconde Guerre mondiale, ont été éclipsées avec l'emploi du gaz naturel et des produits pétroliers. Aujourd'hui, elles sont surtout utilisées en Afrique du Sud, mais, à mesure que les ressources en pétrole et gaz naturel diminueront, il se peut que les produits synthétiques dérivés du charbon acquièrent de l'importance au Canada également. En 1976, CANMET a aussi initié des projets visant à déterminer les possibilités d'implanter des techniques de conversion du charbon au Canada, et à identifier les procédés les mieux appropriés. Un groupe de travail a été constitué pour mener à bien un programme de R-D en matière de gazéification et de liquéfaction du charbon, en fonction des besoins du Canada. Huit contrats de recherche ont ainsi été passés avec divers organismes extérieurs; la dépense totale s'élèvera à plus de $700 000 et le financement en sera partagé, à parts égales, avec l'industrie privée. Les études commandées sont:

Figure 3. La tourbe, une source d'énergie de rechange pour le Canada.

ALGAS
Étude de faisabilité portant sur la gazéification du charbon extrait d'un gisement local, pour alimenter en énergie électrique la ville d'Edmonton.

ALCAN
Raffinage du charbon au solvant, en vue de la fabrication de coke à électrodes.

B.C. Hydro and Power
Étude de la gazéification à faible pouvoir calorifique, en cycle simple ou combiné, en vue de la production d'énergie électrique.

Manalta Coal Ltd.
Conversion de charbons de rang inférieur en combustible solide de qualité supérieure, par séchage et agglomération.

Nova Scotia Research Foundation
Procédés de cokéfaction extractive à basse pression, en vue de la liquéfaction du charbon de la Nouvelle-Écosse.

Ontario Research Foundation
Études des répercussions du remplacement partiel de l'essence par le méthanol, dans les carburants industriels et automobiles.

Saskatchewan Power Corporation
Études technique et économique portant sur la gazéification du charbon, en vue de l'exploitation des gisements houillers de la région de Coronach, en Saskatchewan.

Shell Canada Resources Ltd.
Évaluation technique et économique portant sur la gazéification du charbon, en vue de la fabrication d'un gaz de pouvoir calorifique intermédiaire pour l'alimentation locale en combustible et en produits pétrochimiques.

Enrichissement du charbon

L'enrichissement de plusieurs charbons canadiens posent des difficultés, et certains de ces problèmes ne se rencontrent qu'au Canada. Les charbons carbonifères classiques des Maritimes ont généralement une forte teneur en sulfures finement disséminés et certains ont une forte teneur en cendres. Les lignites des Prairies ont une forte teneur en humidité et en minéraux et exigent un équipement de combustion spécialement conçu à cet effet. Le charbon de Hat Creek présente une concentration particulièrement élevée en minéraux argileux. Les charbons des Avants-monts et des Rocheuses sont extrêmement friables et ont une forte teneur en cendres. Il est donc souvent nécessaire d'enrichir ces charbons, afin de pouvoir les exploiter commercialement et CANMET est le seul organisme possédant un laboratoire consacré à mettre au point des techniques spécialement adaptées aux charbons canadiens. Depuis plusieurs années, CANMET élabore et continue de perfectionner le procédé du "Automedium Cyclone" de CANMET (par liquide dense autogène LDA).

Cette année, l'atelier-pilote LDA, d'une capacité de 10 tonnes l'heure, a été mis en service. On a effectué des essais d'enrichissement portant sur une gamme très variée de charbons. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant montrent que le procédé est valable pour le lavage en vrac, qu'il est facile à contrôler et qu'il fonctionne même s'il y a formation de schlamm. Par exemple, on a lavé trois échantillons de 8,5 tonnes chacun en moyenne de charbon à coke de qualité variable provenant de fendues, afin de ramener leur teneur en cendres à 7 ou 8 %, ce qui correspond aux spécifications d'un charbon métallurgique. Les résultats obtenus montrent également qu'en modifiant le circuit de lavage pour y incorporer des cyclones oblongs et un dispositif de flottation par moussage, on peut améliorer la qualité et le taux de récupération des fines de charbon métallurgique et réduire la quantité des solides recyclés provenant de la section du lavoir consacrée au lavage des schlamms.

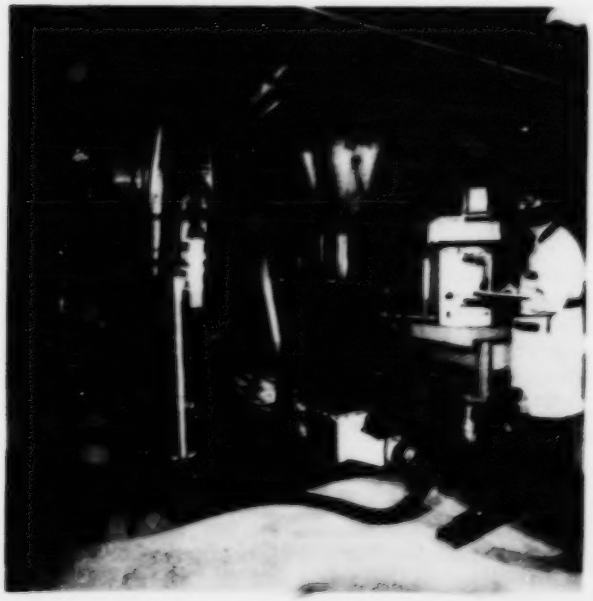

Figure 4. La combustion en lit fluidisé devrait permettre de brûler avec un bon rendement toute une gamme de combustibles. Cet appareil de combustion, à l'échelle-pilote, est refroidi à l'eau et utilisé au Laboratoire canadien de recherche sur la combustion pour déterminer les paramètres de fonctionnement de ce système pour les charbons et autres combustibles solides.

Des études, à l'échelle du laboratoire et à l'échelle de l'atelier-pilote, portant sur des échantillons plus petits de charbons de l'Ouest à très forte teneur en argile, ont montré qu'on pouvait libérer l'argile par purification et usure par frottement et l'éliminer par le procédé LDA. Ce procédé devrait permettre la production d'un bon charbon de chaudière.

Les travaux de recherche sur les caractéristiques physiques et chimiques des systèmes constitués de fines particules solides et d'agents de floculation se poursuivent en vue de réunir les données de base concernant les procédés pratiques de séparation solide-liquide. Les premières études avaient pour but de déterminer le dosage optimal des agents de floculation en fonction de certaines propriétés du système, comme la surface des particules et la concentration des solides. Les variations saisonnières qui affectent la composition de l'eau brute utilisée dans les lavoirs ont fait également l'objet d'étude car elles ont un effet sur le rendement de la flottation et de la floculation. Enfin, on a mis au point un atomiseur pour accélérer la dissolution des polymères de masse moléculaire élevée, utilisés comme agents de floculation. Le but visé était d'éliminer de fait les bassins décantateurs actuellement indispensables dans les lavoirs à charbon.

On aménage actuellement une remorque de 45 pi sur 12 pi (13,7 m sur 3,7 m) destinée aux essais sur le terrain des effluents des lavoirs à charbon ou autres effluents. On effectuera ces essais dans un prototype du dispositif de récupération de l'eau par le procédé CANMET, d'une capacité de 300 gal. angl. par min., intégré au dispositif LDA complet. L'unité mobile comportera une section de préparation et d'injection de l'agent de floculation, un épaississeur à alimentation par le fond et un décanteur clarificateur centrifuge pour essorer la boue de l'épaississeur. Cette remorque permettra d'évaluer avec certitude, en des lieux choisis, certains aspects pratiques de la récupération de l'eau, comme l'effet de l'accumulation de sels dans l'eau de recyclage; elle devrait être un moyen très efficace pour améliorer et adapter ces techniques et les présenter à l'industrie privée.

Cokéfaction

Le coke est la principale source d'énergie des hauts fourneaux dans lesquels on produit presque

tout l'acier de première fusion au Canada. Le charbon à coke est également une marchandise d'exportation très importante, et les exportations annuelles du Canada, surtout vers le Japon, atteignent environ 13 millions de tonnes.

Le Laboratoire de ressource et du traitement des charbons, autrefois appelé le Laboratoire canadien de recherche sur les techniques de combustible métallurgique, a été restructuré en 1976, en vue de réunir plusieurs groupes qui étudient les propriétés des charbons, et de coordonner les efforts de recherche.

La recherche et le développement sur la carbonisation porte sur les méthodes classiques et nouvelles de fabrication et sur la caractérisation des charbons et des cokes, destinés à la fabrication du coke. Les projets sont élaborés en collaboration avec le comité technique de la Canadian Carbonization Research Association qui groupe les producteurs de charbon à coke et les producteurs et consommateurs de coke.

Les méthodes nouvelles de fabrication du coke (en particulier le coke moulé) ne remplaceront pas, tout au moins dans l'avenir immédiat, les méthodes classiques; elles présentent néanmoins de nombreux avantages sur ces dernières dont la réduction plus facile des émissions polluantes, l'utilisation de charbons meilleur marché, un produit d'une forme déterminée et des unités de production plus petites ce qui rend les démarrages et les arrêts plus faciles. Étant donné ces avantages, l'utilisation du coke moulé devrait se généraliser éventuellement.

La mise en place d'installations destinées à évaluer les procédés de production du coke moulé a progressé de façon satisfaisante en 1976, et on a mis en service un broyeur à boulets d'un type nouveau, une unité de cokéfaction sur lit de sable et une presse d'agglomération à chaud. Des expériences préliminaires ont montré que le coke des agglomérés pressés à chaud avait une réactivité voisine de celle du coke métallurgique traditionnel.

Dans le cadre de la recherche sur la caractérisation des cokes et des charbons, on met au point un microduromètre qui permettra d'estimer le degré d'oxydation du charbon, caractéristique ayant un effet très important sur les propriétés de cokéfaction. D'autres expériences ont permis de déterminer l'effet de l'épaisseur de la couverture sur les propriétés cokéfiantes des charbons provenant de deux veines de la Nouvelle-Écosse.

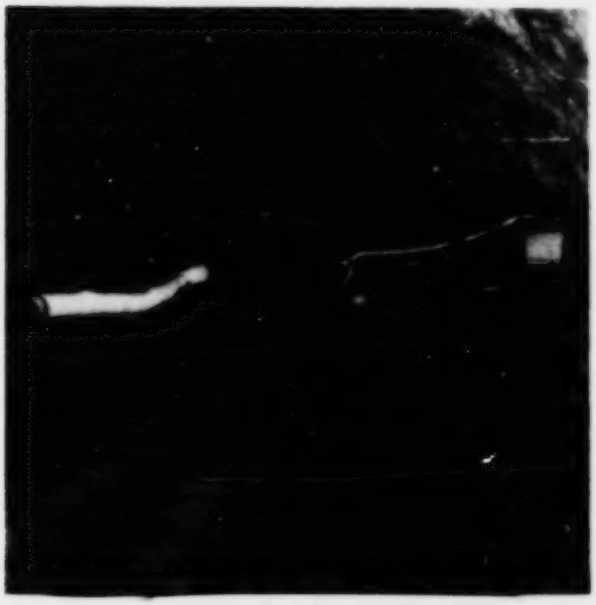

Figure 5. Galerie de dérivation du ruisseau Saline, la première excavation souterraine dans des sables bitumineux.

Traitement de l'uranium

Les travaux de CANMET portent non seulement sur le traitement du charbon et du pétrole mais aussi sur la mise au point de meilleures méthodes d'extraction de l'uranium. Une fraction importante des réserves canadiennes d'uranium est de qualité inférieure ou renferme des minerais complexes. Ces deux types de réserves nécessitent de nouvelles méthodes d'extraction pour une récupération rentable de l'uranium. La recherche est concentrée sur les procédés de lixiviation à l'acide nitrique, chlorhydrique ou sulfurique. On a préparé un diagramme relatif à la lixiviation à l'acide nitrique, comportant les étapes suivantes: recyclage de l'agent de lixiviation, mise en solution de la pyrite, précipitation du fer et extraction par solvant de l'uranium, du thorium et du radium. Les expériences préliminaires concernant la lixiviation à l'acide chlorhydrique ont donné des résultats prometteurs que l'on étudie maintenant plus à fond. Pour augmenter le rendement du procédé d'extraction à l'acide sulfurique, on a mis au point une colonne d'échange d'ions à lit fluidisé, destinée à l'extraction de l'uranium, qui a donné de bons résultats. Ce procédé permet de traiter une liqueur non clarifiée et de récupérer, de façon pratique, le thorium dont on prévoit avoir besoin pour les réacteurs CANDU plus perfectionnés.

Au cours de ces travaux, il s'est avéré nécessaire d'élaborer de meilleures méthodes d'analyse des éléments et des ions constituants afin d'augmenter la précision et la rapidité de l'analyse ou sa compatibilité avec certains procédés particuliers.

Matériaux pour l'énergie nucléaire

En 1976, deux programmes de peu d'envergure relatifs aux matériaux nucléaires étaient en cours. Le premier, réalisé en collaboration avec L'Énergie atomique du Canada Limitée, portait sur la fabrication des tubes et sur la détermination des caractéristiques d'un nouvel alliage de zirconium et d'aluminium pour le travail à chaud. Les résultats ont été appliqués avec succès à l'échelle

commerciale. Le deuxième programme portait sur l'étude des dégâts causés par l'hydrogène aux plaques d'acier du genre utilisés dans les tours des usines de production d'eau lourde. Ce travail a été effectué en collaboration avec d'autres industries et organismes nucléaires canadiens.

Transport de l'énergie

La recherche de CANMET en matière de transport d'énergie porte principalement sur les matériaux destinés à la construction des gros pipe-lines comme ceux prévus pour le transport du gaz naturel dans le Canada septentrional. Ce travail permettra d'acquérir les connaissances techniques nécessaires pour assurer l'intégrité des structures et des équipements dont on a besoin pour les pipe-lines. Bien que les matériaux utilisables soient déjà disponibles, on utilise généralement la technologie la plus avancée pour l'étude de nouvelles voies de transport, et de plus, les exigences d'exploitation et les considérations économiques font que les matériaux sont utilisés à la limite de leurs possibilités. Une partie du programme de R-D de CANMET vise à déterminer les critères de rendement et les méthodes d'essai et d'évaluation des matériaux qui donneront une mesure fiable du rendement prévu sur le terrain.

On a continué d'évaluer des échantillons de tubes de canalisation dont les matériaux pourraient servir à la construction d'un nouveau pipe-line canadien. Cette évaluation concerne les éléments suivants: l'homogénéité de la composition ainsi que les propriétés mécaniques et leur corrélation avec les microstructures, la possibilité et les méthodes de soudage, l'amorçage et la propagation des fissures, divers aspects de la corrosion dont la fissuration sous contrainte en atmosphère sulfurée. En 1976, on a également terminé la fabrication d'une machine d'essai comportant un mouton-pendule et des expériences ont commencé pour évaluer l'utilité d'un essai de rupture au mouton-pendule servant à contrôler la résilience des tubes de canalisation et à déterminer la relation entre la résistance dynamique et le travail de rupture au mouton de Charpy; cette dernière propriété est beaucoup plus facile à mesurer mais moins sûre que la première.

En plus d'évaluer les matériaux existants, on envisage également la possibilité de mettre au point un matériel à tubes plus résistant mais aussi résilient. Les expériences réalisées sur trois aciers expérimentaux à faible teneur en carbone contenant du manganèse, du molybdène et du niobium et trempés directement après laminage, ont montré que la résilience nécessaire était obtenue à une limite élastique de 100 ksi (700 MPa) comparativement aux 70 ksi (500 MPa) obtenus avec le traitement thermique traditionnel.

Pipe-line à gaz naturel liquéfié

Outre les études sur les matériaux, CANMET a commandé une étude de faisabilité portant sur les pipe-lines à gaz naturel liquéfié (GNL) considérés comme solution de rechange aux gazoducs classiques, pour le transport sur de longues distances du gaz naturel dans le Canada septentrional. Les résultats de plusieurs études antérieures indiquaient que le transport de GNL serait économique, mais des résultats plus récents ont jeté un doute sur les premières conclusions. La nouvelle étude tiendra compte des améliorations apportées aux techniques et aux matériaux utilisés dans la construction des pipe-lines, de l'expérience actuelle en matière de stockage du GNL et du transport par pipe-line sur de courtes distances.

Matériaux pour le stockage et la conversion de l'électricité

La pile au sodium-soufre offre des possibilités intéressantes pour le stockage efficace et économique de l'énergie sous un volume réduit. Elle pourrait convenir au nivellement de la charge et aux véhicules mûs à l'électricité, mais il faudra d'abord résoudre les problèmes de conductivité et de résistance mécanique de l'électrolyte solide. CANMET a résolu un des problèmes reliés à la production d'alumine B enrichie au sodium et on a obtenu pour la première fois des poudres de ce composé monophase. L'an prochain, on étudiera les méthodes de fabrication de composés à partir de ces poudres et les propriétés électriques de ces derniers.

On a effectué d'autres expériences sur la production de céramiques à conduction ionique dont la forme convient aux composants de piles à combustible en utilisant des oxydes de zirconium, et des oxydes de potassium, magnésium et titane de même structure que la hollandite.

PROGRAMME DE RECHERCHE MINÉRALE

Le Programme de recherche minérale (PRM) de CANMET a été établi en 1974. Il porte sur la recherche et le développement (R-D) relatifs aux métaux et aux minéraux non énergétiques et est divisé en trois domaines, soit l'exploitation minière, le traitement et l'utilisation qui correspondent aux principales activités dans les domaines de l'exploitation minière et des industries métallurgiques. CANMET utilise encore cette structure pour gérer la préparation et l'exécution des travaux de R-D qui relèvent de sa compétence, mais le présent rapport a été rédigé conformément à la nouvelle structure par programme et activité adoptée par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Tout le travail effectué dans le cadre du PRM s'intègre au Secteur de l'exploitation minérale, un des quatre secteurs de la nouvelle structure du Ministère. Les travaux de CANMET s'intègrent à trois des cinq activités du Secteur de l'exploitation minérale soit:

ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RESSOURCES MINÉRALES

Sous-activité: Évaluation technique

DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE MINÉRALE

Sous-activités: Exploitation minière et travaux préparatoires

Traitement

Utilisation

Économies d'énergie

Environnement, santé et sécurité

Transport

APPLICATION DE LA LOI CANADIENNE SUR LES EXPLOSIFS

Sous-activité: Autorisation et essais

Les comptes rendus relatifs à la R-D effectués en 1976, par le personnel du Centre ou sous contrat pour le compte de CANMET, sont donnés dans les pages suivantes selon la division indiquée ci-dessus.

Le Ministère définit ainsi les objectifs des trois principales activités:

a) Fournir des connaissances de base adéquates sur les ressources minérales canadiennes pour mettre en œuvre des politiques et des programmes relatifs à l'exploitation de ces ressources et encourager et faciliter la mise en œuvre ordonnée des politiques et des programmes.
b) Faire en sorte que le Canada dispose d'une compétence technique suffisante pour assurer l'approvisionnement, le traitement et l'utilisation des substances minérales.
c) Appliquer la Loi canadienne sur les explosifs dans l'intérêt de la sécurité publique.

Les comptes rendus des travaux effectués dans le cadre de chaque sous-activité précisent les objectifs des efforts de R-D entrepris pour le compte du Secteur d'exploitation minérale du Ministère.

Évaluation quantitative des ressources minérales

Le but de l'Évaluation quantitative des ressources minérales est de fournir des connaissances de base adéquates sur les ressources minérales canadiennes en vue de l'élaboration de politiques et de programmes relatifs à l'exploitation de ces ressources et d'encourager et faciliter leur mise en application ordonnée. CANMET contribue à la réalisation de ces objectifs en fournissant les données nécessaires pour déterminer dans quelle mesure on peut exploiter, de façon rentable, les gisements connus de minéraux en utilisant les techniques actuelles et futures.

Évaluation technique

Dans le cadre de cette sous-activité, le travail porte sur la détermination de la quantité, de la qualité et de la productibilité des réserves minérales canadiennes. A cet effet, CANMET fournit des renseignements et des données concernant la minéralogie, l'exploitabilité, la faisabilité des traitements et les coûts de mise en valeur et de production.

Minéralogie du platine

On connaît peu de choses sur la nature et la répartition des métaux du groupe platine dans les gisements minéraux, particulièrement des métaux qui apparaissent comme des produits connexes ou des sous-produits. La connaissance de ces facteurs aiderait à donner une valeur commerciale aux gisements marginaux et à rendre l'exploitation des autres plus profitable. On a mené une étude minéralogique détaillée sur des échantillons prélevés dans neuf gisements situés autour du bassin de Sudbury. Cette étude a permis d'identifier et de caractériser 13 minéraux du groupe platine et d'en décrire la texture, le mode de gisement, les associations minérales et d'autres détails importants pour l'enrichissement des minerais.

Inventaire des ressources

Dans le cadre d'une opération menée en commun avec la Commission géologique du Canada et le Secteur de l'exploitation minérale et portant sur l'inventaire des ressources canadiennes en cuivre, molybdène, nickel, plomb, zinc et fer, CANMET a fourni de l'information technique sur la minéralogie, l'exploitation minière et la métallurgie afin de pouvoir évaluer si ces ressources sont commercialement exploitables. On publiera, en 1977-78, deux comptes rendus conjoints, un concernant les métaux de base et l'autre le fer.

Évaluation des ressources

En 1976, on a terminé la détermination des propriétés céramiques des argiles et des schistes argileux typiques de l'Ouest du Canada. On a étudié en détail le comportement au modelage et à la cuisson de certaines de ces matières et on présentera un compte rendu sur leur composition chimique et minéralogique. De même, on achève de préparer le compte rendu approfondi d'une étude semblable portant sur les argiles et les schistes argileux des provinces de l'Atlantique. Au cours des deux dernières années, on s'est surtout basé sur les données contenues dans les comptes rendus

précédents pour sélectionner les matériaux bruts destinés à deux nouvelles usines, une à Deschaillons pour la fabrication de tuyaux d'égout et une autre à Bécancour qui produira des carreaux de revêtement et des carreaux de parquet; toutes deux sont situées au Québec.

En tenant compte des aspects économiques et techniques, on dresse actuellement un inventaire de l'anorthosite, de la syénite néphélinique, des schistes argileux, des argiles, des schistes argileux au mur de certains gisements de charbon, des résidus de lavoirs à charbon et des cendres volantes du pays. Cet inventaire fournira des renseignements sur les sources possibles de matières premières au pays pouvant servir à la production d'alumine. Bien que les ressources mondiales en bauxite soient considérables, il importe de savoir dans quelle mesure on pourrait exploiter des gisements canadiens de qualité inférieure, si les approvisionnements étrangers venaient à manquer.

A la suite d'un accord intervenu entre les gouvernements fédéral et manitobain dans le cadre du programme d'évaluation des ressources, CANMET fournit un appui scientifique à un minéralogiste du Manitoba qui étudie les gisements de minéraux dans cette province et met des laboratoires à sa disposition. Ce minéralogiste étudie actuellement les régions minérales suivantes: gisements de nickel de la rivière aux Oiseaux, la zone minière de Flin Flon, Thompson et Lynn Lake.

Développement de la technologie minérale

Cette activité regroupe toutes les responsabilités du Ministère en matière de réalisation, de financement et de coordination de la recherche sur les minéraux et de leur développement au Canada, ainsi qu'en matière d'apprentissage de la technologie étrangère et d'introduction de nouvelles techniques dans l'industrie. CANMET contribue énormément à cette activité parce qu'il constitue, au sein du Ministère, le centre de recherche et de développement en matière d'exploitation des mines, de traitement des métaux et des minéraux et d'exploitation des matériaux à base de substances minérales.

Exploitation minière et travaux préparatoires

Le travail fait dans le cadre de cette sous-activité vise à mettre au point et à promouvoir la technologie destinée à augmenter le rendement dans les opérations de traçage et d'exploitation minière, à l'exclusion des mines de charbon, au Canada. En 1976, les études principales portaient sur les domaines suivants: études approfondies sur l'exploitation à ciel ouvert, études destinées à améliorer l'efficacité des méthodes de récupération des piliers et l'exploitation en profondeur, participation à une étude de faisabilité portant sur le stockage souterrain des déchets radioactifs.

Exploitation à ciel ouvert

Environ 70 % de tout le minerai produit au Canada (en masse) est extrait des mines à ciel ouvert. Presque tout le minerai de fer et l'amiante, et une fraction importante des minerais de plomb, de zinc et de cuivre proviennent de ces exploitations. Le paramètre le plus important à considérer dans l'exploitation à ciel ouvert est peut-être l'angle des pentes d'excavation, parce qu'il détermine la quantité de stériles à enlever en même temps que le minerai, quantité qui établit à son tour le seuil d'exploitabilité du minerai et la valeur commerciale de l'exploitation. Dans le cas d'une exploitation à ciel ouvert grande et profonde, un accroissement de l'angle de la pente d'excavation de seulement un degré peut réduire d'environ 20 millions de tonnes la quantité de stériles à extraire pendant toute la durée de l'exploitation et entraîner ainsi une économie de 10 millions de dollars.

En 1972, CANMET a lancé un programme quinquennal dont l'objectif était l'élaboration de meilleures méthodes d'exploitation à ciel ouvert. Ce programme résulte de la collaboration de l'industrie avec le gouvernement fédéral. La plus grande partie du travail de mise au point a été exécutée sous contrat par des sociétés minières canadiennes, des ingénieurs-conseils et des universitaires. Le programme a mené à la rédaction d'un manuel détaillé à l'intention des ingénieurs des mines.

Le manuel est divisé en dix chapitres comme suit:

1. Résumé

Exposé de la matière traitée dans chaque chapitre.

2. Géologie structurale

Méthodes de collecte, de stockage et d'interprétation des données géologiques; découpage des exploitations en secteurs homogènes pour l'étude du projet d'exploitation, et évaluation des modes probables de défaillance de chacun; indication des renseignements géologiques nécessaires pour les différentes phases de l'exploitation, soit l'étude de faisabilité, l'élaboration du projet et l'exploitation proprement dite; estimation des coûts de la collecte des données.

3. Propriétés mécaniques

Élaboration d'un programme d'essai en laboratoire et sur le terrain; description de méthodes de détermination et d'analyse de la résistance au cisaillement des zones de discontinuité et des substances rocheuses; détermination de la résistance et des propriétés physiques des roches; essais requis durant l'étude de faisabilité, l'étude technique et l'exploitation.

Figure 6. Le projet de CANMET sur les pentes d'excavation à ciel ouvert, lancé en 1972 avec un budget de plusieurs millions de dollars, visait à améliorer les techniques d'exploitation à ciel ouvert; l'opération est presque terminée et les résultats seront publiés dans un manuel technique de dix chapitres. Photo George Hunter.

4. Eaux souterraines

Méthodes de mesures de la pression des eaux souterraines et de la perméabilité des roches; construction et étude des réseaux d'écoulement; méthodes de drainage et de surveillance des niveaux; mesures requises durant l'étude de faisabilité, l'étude technique et l'exploitation; estimation des coûts; étude des eaux souterraines.

5. Étude des projets d'exploitation

Explication des méthodes probabilistes d'analyse de la stabilité des talus; étude de plusieurs modes d'instabilité comme la rupture suivant un plan, la rupture suivant un cylindre, l'écroulement et l'éboulement; analyse financière et étude des risques économiques associés à tous les facteurs affectant l'exploitation minière; études techniques nécessaires aux stades de l'étude de faisabilité et de l'élaboration du projet; estimation des coûts des recherches entreprises en vue de l'étude technique d'un projet d'exploitation.

6. Soutènement mécanique

Méthodes de soutènement utilisant les ancrages pour terrain rocheux, le gunitage et les contreforts, étude technique des systèmes de soutènement; surveillance de la charge des ancrages; estimation des coûts des systèmes de soutènement dans le cas de l'exploitation par tranches, et des pendages modérés et forts.

7. Sautage périphérique

Effets sur l'abattage de la nature des explosifs, du découplage et de la séparation des charges explosives, des tirs à retard et des tirs espacés, du forage d'attaque et du forage de pénétration, et des conditions locales; techniques de sautage périphérique basées sur l'utilisation du sautage tampon, du tir avec chambre d'expansion, du forage de découpage et du tir de découpage; vibration du sol et dommages en résultant; prix de revient du sautage périphérique.

8. Surveillance

Description des appareils de levés optiques et électro-optiques destinés à déceler les zones d'instabilité potentielle; extensomètres constitués d'un fil tendu entre deux boulons de toit pour assurer une surveillance précise des zones instables; méthodes de transfert des données de surveillance à un centre d'exploitation; méthodes informatiques de stockage et d'analyse des données.

9. Remblais de stériles

Information nécessaire sur le site; étude technique des remblais et des modes d'instabilité; construction des remblais; problèmes posés par le pergélisol.

10. Considérations écologiques

Gestion de l'environnement pendant la phase de prospection; études écologiques, socio-économiques et météorologiques pendant la phase d'élaboration du projet; pollution des eaux; régénération de la végétation; législations fédérale et provinciales; estimation des coûts des études écologiques; échantillonnage de l'air et de l'eau; repeuplement végétal.

Outre ces chapitres principaux, un certain nombre de suppléments traite de différents sujets, par exemple: études de cas, programmes d'ordinateur détaillés, recherches spécialisées sur un site.

Exploitation souterraine

L'exploitation souterraine ne fournit que 30 % du tonnage de minerai extrait au Canada, mais elle est très importante pour la production des métaux de base; en 1975, 92 % du nickel, 55 % du cuivre, 50 % du zinc et 44 % du plomb ont été extraits dans des mines souterraines. CANMET s'intéresse aux problèmes du contrôle des terrains et de la sécurité dans les mines souterraines depuis plusieurs années; actuellement, les recherches portent sur les problèmes associés à la transformation d'une exploitation à ciel ouvert en exploitation souterraine et sur les méthodes d'exploitation par remblayage.

Une opération menée en collaboration avec la société Texasgulf Canada Limited est en cours à la mine Kidd Creek depuis 1973. L'exploitation a commencé à ciel ouvert et a été convertie en exploitation souterraine sans qu'aucune couronne de pilier ne sépare les deux exploitations. Toute rupture inopinée du talus du toit constituerait un danger pour les mineurs et perturberait l'exploitation, tant dans la mine à ciel ouvert que dans la mine souterraine. On utilise un dispositif de surveillance à distance au laser pour mesurer les déplacements du talus de la mine à ciel ouvert à mesure que progressent les travaux d'exploitation souterraine. Des mesures échelonnées sur quatre années indiquent un affaissement progressif du front de la mine à ciel ouvert vers le fond de la fosse, affaissement qui atteint par endroits deux pouces, sans qu'on puisse pour autant déceler aucun signe d'instabilité. La société a maintenant étendu ces mesures à l'ensemble de la mine à ciel ouvert.

Des études ont été entreprises sur l'emplacement de cette mine par la méthode des éléments finis, en utilisant des modèles comportant des éléments à deux ou à trois dimensions, pour déterminer l'évolution de la répartition des contraintes sous l'effet de l'exploitation souterraine et les déplacements qui en résultent. Ces études servent à déterminer les modes de rupture possibles du talus du toit.

Un programme de mesure de contraintes vient de se terminer à la mine Kidd Creek, en vue d'évaluer l'augmentation des contraintes avant exploitation en fonction de la profondeur. Les résultats ont démontré, comme pour les campagnes de mesures entreprises dans d'autres mines du nord de l'Ontario, que les contraintes horizontales avaient plus d'importances que les contraintes verticales. Cette information servira à l'étude de la disposition optimale des chambres et piliers dans les mines toujours plus profondes.

Au Canada, l'exploitation par chambres remblayées occupe une place très importante parmi les méthodes d'exploitation minière et sert presque exclusivement à des profondeurs supérieures à 3 000 pi (914 m). Elle nécessite également des dépenses et une main-d'œuvre importantes. La méthode classique des chambres remblayées consiste à répéter en séquence l'abattage par tranches minces et le remblayage. L'utilisation des nouvelles techniques de récupération des piliers implique l'abattage d'une grande quantité de minerai à la fois, mais ceci met à nu, sur une plus grande surface, le parement du remblai laissé dans la chambre remblayée contiguë. La stabilité des parements non soutenus de ces remblais est un des points critiques de cette technique d'exploitation. Une étude a porté sur la hauteur maximale sans soutien des remblais dans les opérations de récupération des piliers. On a mis au point un procédé, utilisant des modèles conformes à la méthode des accroissements finis, pour déterminer la hauteur maximale sans soutien d'un remblai pour différentes quantités et qualités de ciment. Au cours de la prochaine étape, on comparera les résultats de cette technique analytique aux cas réels observés dans certaines mines où les parements de remblai ont été mis à nu.

Un autre aspect important du remblai a trait à ses propriétés de drainage in situ. Des méthodes reposant sur la conductivité ont été mises au point pour mesurer la perméabilité in situ, à l'aide de perméamètre à tube ou à deux tiges, sans avoir à prélever d'échantillon.

Cimetière souterrain de déchets nucléaires

Au Canada comme ailleurs, la gestion des déchets radioactifs des centrales nucléaires cause de graves inquiétudes. Le problème majeur réside dans la période de vie très longue, soit des milliers d'années, de certaines substances radioactives. Le stockage dans des excavations souterraines, à quelques milliers de pieds de profondeur, a été proposé comme solution possible au problème.

CANMET et L'Énergie atomique du Canada Limitée, en consultation avec la Commission géologique du Canada et la Direction de la physique du globe, se sont attaqués au problème de trouver un emplacement favorable dans la roche dure et à l'étude technique d'un cimetière souterrain de déchets nucléaires. CANMET procède au classement des sites possibles, en se basant sur les caractéristiques mécaniques et thermiques des roches et participe à l'étude technique en effectuant des essais de simulation in situ sur un dispositif de chauffage. On a déjà établi les méthodes de détermination des caractéristiques thermiques et mécaniques des roches et rassemblé le matériel nécessaire pour les essais de simulation.

Une chambre spéciale a été creusée à l'étage 2 300 pi (701 m) de la mine Creighton de l'Inco Metals Limited, située dans la région de Sudbury, pour l'essai du dispositif de chauffage in situ. On a terminé l'étude technique de l'appareil de chauffage électrique et choisi les appareils pour mesurer les contraintes, les déformations et les températures dans la roche avoisinante. On a également procédé à des études préliminaires sur modèle selon la méthode des éléments finis, en vue de déterminer l'augmentation de la température et les contraintes thermiques dans la roche entourant la chambre et l'appareil de chauffage.

Traitement

La recherche dans le cadre de cette sous-activité vise à mettre au point et à promouvoir des techniques permettant d'accroître le taux de récupération des minerais ferreux et non ferreux extraits des gisements canadiens et d'enrichir ces produits. Les efforts portent sur l'implantation et la promotion de techniques, de méthodes et d'équipements nouveaux ou améliorés de traitement des minéraux. Les chercheurs apportent un soin tout particulier à minimiser les répercussions fâcheuses

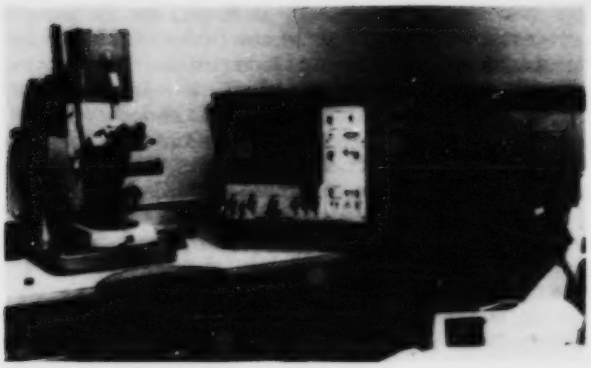

Figure 7. Pour caractériser les minerais, on utilise l'analyseur de texture Quantimet. Une caméra montée sur un microscope (à gauche) projette sur l'écran (au centre) une image modifiable à volonté de la surface d'un échantillon de minerai.

de ces nouvelles techniques sur la santé et la sécurité publiques et sur l'environnement.

Traitement des minerais de métaux de base

Les techniques de traitements actuels des minerais complexes à grain fin de zinc-plomb-cuivre-argent permettent d'extraire en moyenne 65 % des métaux contenus. Une étude en cours vise à mettre au point des procédés permettant de porter ce taux global d'extraction à 85 % et d'exploiter certains gisements actuellement inexploités en raison des problèmes métallurgiques. On rencontre habituellement ces venues au Nouveau-Brunswick, mais elles ne sont pas limitées à l'Est du Canada, des gisements importants existent en Ontario et au Yukon. Une estimation prudente, tenant compte de l'augmentation des taux de récupération et de la mise en production des gisements actuellement inexploités, indique que si cette opération réussit on pourrait, au cours des années, augmenter de plusieurs milliards de dollars les revenus du pays.

La recherche de CANMET est orientée vers la production, avec un taux minimum de récupération de 90 % des métaux contenus, d'un concentré mixte titrant en moyenne 30 % Zn, 12 % Pb, 1 ou 2 % Cu. Parmi les procédés envisagés pour rentabiliser l'affinage de ce concentré en vue d'en extraire les métaux, on trouve le procédé Sherritt Gordon par lixiviation à l'acide sulfurique sous pression, le procédé par grillage de sulfatation et lixiviation, la chloruration-oxydation par voie sèche, et la lixiviation atmosphérique aux ions ferriques en milieu chloré ou sulfaté.

En 1976, la Sherritt Gordon Mines Limited a entrepris des études en laboratoire et des études de faisabilité économique, portant sur le procédé par lixiviation à l'acide sulfurique sous pression; parallèlement, le New Brunswick Research and Productivity Council étudiait le procédé par grillage de sulfatation et lixiviation. Dans les deux cas, les travaux sont financés par le ministère de l'Expansion économique régionale, au titre de la "Convention générale de développement" conclue entre le gouvernement fédéral et celui du Nouveau-Brunswick. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources est représenté au comité directeur et on reconnaît la compétence de CANMET en matière scientifique. Des études sur les procédés de chloruration par voie sèche et de lixiviation aux ions ferriques se poursuivent à CANMET.

Les études minéralogiques sont à la base de tout progrès technique en ce qui concerne le traitement des minéraux. On a donc entrepris des études sur la disposition zonale des minerais, des métaux et des textures basées sur les échantillons recueillis en 1976 au cours de travaux importants sur le terrain. Ces échantillons sont considérés comme étant représentatifs des minerais des concessions suivantes: Armstrong A, Armstrong B, Rocky Turn, Orvan Brook, McMaster, Caribou, Restigouche, Murry Brook, Canoe Landing Lake, Nine Mile Brook, Wedge, Brunswick 12, Key Anacon, Heath Steele, Captain et Chester.

En outre, on étudie des minerais sulfurés du Nouveau-Brunswick par analyseur d'image, pour mieux comprendre le comportement de ces minerais au cours de la pulvérisation et de la flottation. Les résultats préliminaires, obtenus avec des produits provenant de laveries ou du laboratoire, montrent que le rendement de flottation est le même pour tous les grains libres de sphalérite dont les dimensions varient entre 6 et 210 µm; le rendement commence à diminuer au-dessous de 6 µm et à 2 µm il n'est plus que de 50 %. Les études d'un concentré de zinc par analyseur d'image, provenant de la Brunswick Mining and Smelting Corporation Limited, ont montré que 60 % de la sphalérite de ce concentré était sous forme de grains libres, dont les plus gros avaient un diamètre de 74 µm.

CANMET a adjugé à la Lakefield Research of Canada Limited un marché de recherche portant sur l'effet des agents de broyage sur la flottation sélective des minerais de Cu-Pb-Zn bien que cette recherche n'ait pas été sollicitée. Un échantillon de 200 tonnes de minerai de cuivre-zinc, provenant d'une mine en exploitation, a été broyé dans un atelier-pilote à marche continue, en utilisant trois méthodes différentes, puis soumis à un procédé de flottation semblable à celui employé dans la mine d'où provenait le minerai. Dans les trois essais, on a broyé le minerai à la même dimension, avec trois différents garnissages des broyeurs; on utilisait dans le premier essai, un broyeur à boulets d'acier, dans le deuxième, deux broyeurs en série chemisés de caoutchouc et garnis de galets de silex et de galets de céramiques et pour le troisième essai, on faisait appel à l'autobroyage pur et simple dans un tube broyeur en acier.

Les résultats des essais métallurgiques ont montré que la teneur du concentré de cuivre ainsi obtenu passait de 27,8 % avec les boulets d'acier, à 26,7 % avec les galets et à 25,5 % dans le cas de

l'autobroyage. Mais cette diminution de la teneur en cuivre était compensée, et au delà, par l'augmentation du taux de récupération du cuivre qui atteignait 78,0 % avec les boulets d'acier, 82,2 % avec les galets et 84,8 % dans le cas de l'autobroyage. L'amélioration du taux de récupération du cuivre était accompagnée d'une légère augmentation du taux de récupération et de la teneur en zinc dans le cas du broyage sans acier. Les études effectuées à l'analyseur d'image ont montré que la libération plus complète de la sphalérite rendait parfaitement compte de l'augmentation du taux de récupération du zinc et de la teneur du concentré de zinc. Mais la libération plus complète de la chalcopyrite n'explique que partiellement l'augmentation du taux de récupération du cuivre.

Dans le but d'accroître la capacité d'expérimentation de CANMET pour la mise au point de nouveaux procédés de flottation, on installe actuellement un mini-atelier de flottation automatisé, d'une capacité de 100 lb/h (0,76 kg/s). Les éléments principaux d'un tel dispositif, basé sur des méthodes faisant appel à la fluorescence des rayons X, ont été étudiés sous contrat par la société INAX Instruments Ltd., en 1976. Mais d'autres problèmes restent à résoudre, telles la régulation automatique du niveau dans des cellules de flottation miniatures et les méthodes à employer pour faire varier automatiquement les débits de pompage en fonction des variations de charge du recyclage.

Une des méthodes possibles de traitement du concentré mixte de Zn-Pb-Cu consiste à placer le concentré de sulfures en contact avec du chlore sec à l'état gazeux. Ce procédé est intéressant car il permet d'obtenir des taux élevés de récupération des métaux tout en produisant du soufre élémentaire. On a donc entrepris cette année des travaux de recherche sur la méthode de chloruration par voie sèche.

Le travail effectué en 1976 a permis de déterminer les conditions requises pour extraire les métaux et le soufre contenus dans un concentré mixte de sulfures. En faisant réagir le chlore sec à l'état gazeux avec les sulfures à 300°C pendant deux heures dans un réacteur rotatif, 98 % du zinc, du cuivre et du plomb sont convertis en chlorures et 98 % du soufre se volatilise sous forme de monochlorure de soufre. Le minerai calciné désulfuré est ensuite lessivé à l'eau pour dissoudre les chlorures solubles de zinc, de cuivre et de fer; le chlorure de plomb est lessivé avec une saumure à 125 g/l. D'autres recherches sur les paramètres opératoires sont prévues.

L'obtention d'un taux satisfaisant d'extraction des métaux est possible, mais il faudra encore résoudre de nombreux problèmes avant d'aboutir à un procédé commercialement viable. Ainsi, le transfert en continu de quantités importantes de pâte gluante formée pendant la réaction entraîne certaines difficultés. Il faut aussi trouver les matériaux de construction résistants aux réactifs et aux produits corrosifs et élaborer des méthodes permettant de récupérer le chlore du monochlorure de soufre et du chlorure ferrique, les deux sous-produits des réactions. Le bilan thermique, compte tenu des réactions exothermiques et endothermiques mises en jeu, peut également poser des problèmes difficiles de régulation et de conduite des réactions.

Pour un concentré titrant 32 % Zn, 12,5 % Pb, 1 % Cu, 17,4 % Fe et 37,1 % S, on a calculé les bilans thermiques correspondant à cinq différentes températures de chloruration, et à une oxydation en une et en deux étapes avec et sans diluant du Fe_2O_3. En ne tenant compte que des facteurs énergétiques, on a déduit des résultats obtenus que la chloruration à une température légèrement supérieure au point d'ébullition du soufre, soit 450°C, suivie d'une oxydation en une seule étape constituent la meilleure solution pour un procédé autogène, et celle qui demande le moins de diluant. Cette solution posera aussi moins de problèmes pour l'étude technique du réacteur, car les transferts de chaleur, pour le chauffage comme pour le refroidissement, seront moins compliqués. En se

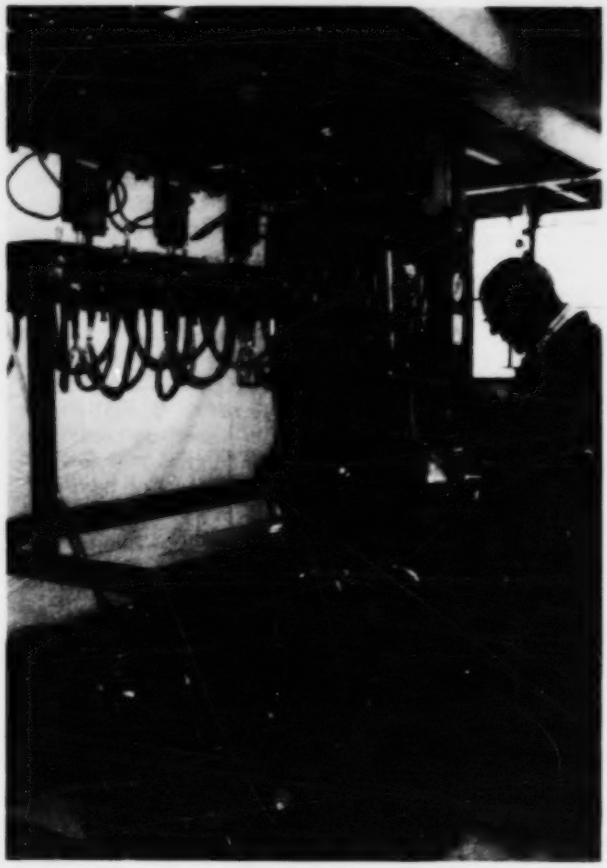

Figure 8. Aux LSM, on poursuit activement les travaux de recherche sur la séparation du zinc, du plomb et du cuivre par un procédé d'extraction au solvant.

basant sur ces considérations, on a prévu, pour 1977, de nouveaux essais de chloruration des concentrés, avec et sans diluant du Fe_2O_3 et à des températures allant de 450 à 500°C.

Outre la chloruration, les chercheurs de CANMET étudient, pour le traitement des concentrés sulfurés de Zn-Pb-Cu, la lixiviation aux ions ferriques. Ils ont poursuivi leurs expériences sur la lixiviation de la sphalérite de haute pureté (ZnS), par la technique du disque rotatif, en vue de mettre au point un procédé de lixiviation aux ions ferriques de la sphalérite, et d'expliquer certains phénomènes observés lors de la lixiviation par percolation des minerais pyriteux de zinc-plomb, provenant de Bathurst (N.-B.). Au cours des recherches, on a remarqué d'autres éléments intéressants qui se rattachent peut-être à la nature des complexes de fer en solution. On avait déjà remarqué que la vitesse de lixiviation de la sphalérite à 80°C augmentait brusquement quand la concentration molaire de HCl dépassait 1,0M. On a procédé à une suite d'expériences à 85°C, en utilisant des solutions contenant divers pourcentages d'acide mais aucun ion ferrique. Dans le cas des concentrations à faible pourcentage d'acide, la vitesse de dissolution est très lente, mais elle augmente rapidement dès que s'accroît le pourcentage d'acide. Au-dessus de 1,0M de HCl, les vitesses de dissolution obtenues avec l'acide seul s'approchent beaucoup de celles observées avec de l'acide et du chlorure ferrique. On en conclut que la vitesse de lixiviation élevée dépend en majeure partie de l'attaque directe par l'acide et n'est pas directement fonction des complexes ferriques présents dans la solution. Lorsqu'il s'agit de concentrations à faible pourcentage d'acide, par contre, l'attaque par les ions ferriques prend beaucoup plus d'importance que la dissolution directe par l'acide.

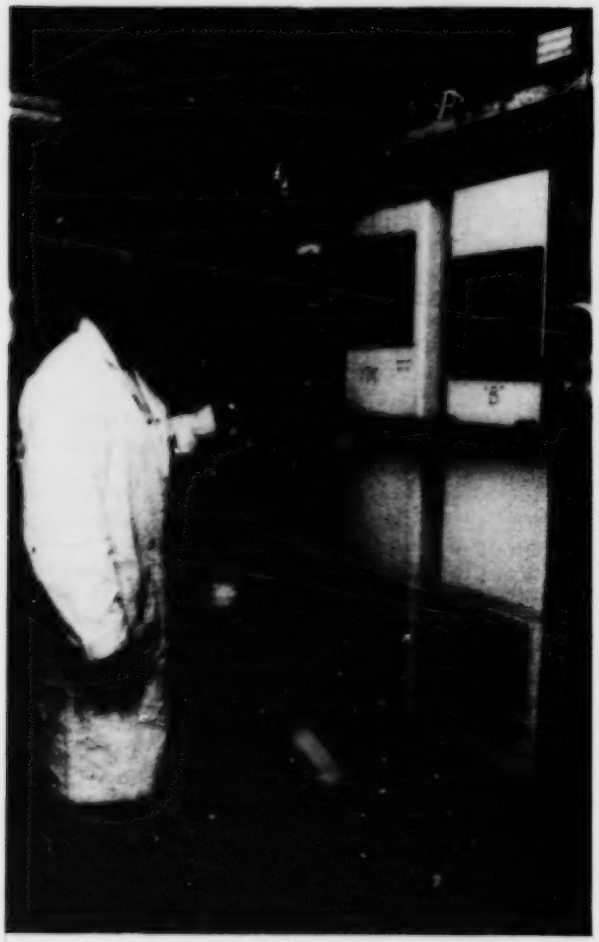

Figure 9. L'électrolyse constitue une méthode prometteuse pour récupérer le zinc, le plomb et le cuivre dissous dans les extraits. Un technicien de recherche règle des cellules d'extraction du cuivre par voie électrolytique.

Les travaux ont progressé sur la lixiviation aux ions ferriques de la chalcopyrite. Jusqu'à présent, la méthode des disques rotatifs, avec des disques en chalcopyrite synthétique, a été utilisée pour ces études. On a pu démontrer que l'accumulation du chlorure ferreux produit par la réaction ne gênait pas sérieusement la réaction de dissolution. Ce comportement est totalement différent de celui observé pour les solutions de sulfate ferrique, où la formation de sulfate ferreux entraîne une chute rapide de la vitesse de dissolution.

Les opérations de lixiviation aux ions ferriques par percolation se sont poursuivies sur quelques-uns des minerais du Nouveau-Brunswick. L'an dernier, les chercheurs ont déterminé l'effet de la hauteur de la colonne de minerai sur la quantité de zinc extrait. Étant donné les conditions dans lesquelles on procède à la lixiviation, la vitesse de dissolution totale du zinc est contrôlée, en grande partie, par le transport de matière. En conséquence, la vitesse de lixiviation du zinc pour une quantité donnée d'agent de lixiviation ne devrait pas augmenter avec la quantité de minerai soumise au procédé. Les études en cours ont d'ailleurs permis de confirmer cette hypothèse. En réduisant la quantité de minerai soumise à la lixiviation, on finit par passer d'un contrôle par transport de matière à un contrôle chimique.

On a entrepris des recherches en vue d'évaluer les matériaux de construction de l'équipement utilisé dans les procédés de lixiviation aux ions ferriques ou dans d'autres procédés de lixiviation atmosphérique des concentrés de zinc-plomb-cuivre. Un appareil complexe a été construit pour évaluer les techniques de réduction de la corrosion, et la résistance des métaux, des alliages et des revêtements à la corrosion, par des techniques électrochimiques et des méthodes classiques. On étudie actuellement les matériaux employés dans les procédés de lixiviation aux ions ferriques de concentrés, plongés dans des solutions d'acide sulfurique à des températures allant jusqu'à 90°C.

Des recherches sur la lixiviation électrochimique de la chalcopyrite sont également en cours. On a étudié, par la voltamétrie cyclique,

la dissolution cathodique de la chalcopyrite. D'autres travaux ont porté sur les effets de la vitesse de balayage et de la variation du pH sur l'intensité du courant en fonction de la différence de potentiel, mais on n'a pas encore interprété toutes les données recueillies. Les travaux récents du CSIRO, en Australie, montrent que le procédé est intéressant, mais qu'il faudra procéder à d'autres recherches plus approfondies.

CANMET publiera sous peu une étude sur le phénomène de dissolution anodique d'anodes comprimées de Cu_2S et de CuS synthétiques, plongés dans des électrolytes à base de sulfates ou de mélanges sulfates-chlorures. La dissolution de ces sulfures de cuivre, pour une intensité constante de courant anodique, est un processus complexe mettant en jeu une suite de transformations du sulfure, en phase solide, qui entraînent des variations inhabituelles, en fonction du temps, de la différence de potentiel entre électrodes. Il est difficile d'interpréter quantitativement les résultats, mais on a élaboré, pour expliquer ce phénomène, une méthode d'interprétation qualitative basée sur la formation et la rupture d'une pellicule anodique.

On étudie aussi la dissolution anodique de la galène (PbS). Un concentré pulvérisé est utilisé, à la place d'une anode de matte préparée à partir d'un concentré obtenu par les techniques de pyrométallurgie, de façon à éviter la pollution atmosphérique par le SO_2. Comme les sels de plomb des acides inorganiques sont hautement insolubles, on étudie systématiquement la dissolution anodique de PbS dans des solutions aqueuses électrolytiques mixtes, organiques-inorganiques. Même si la dissolution anodique du PbS ne semble pas aussi complexe que celle de Cu_2S ou CuS, elle est retardée par le manque de conductivité de la galène elle-même et des électrolytes organiques.

Les minerais du type Brunswick étant complexes, les solutions finales obtenues, soit à partir du procédé de chloruration par voie sèche ou par lixiviation aux sulfates ou aux chlorures, contiennent toujours un grand nombre d'éléments. Par conséquent, il faut purifier la solution pour séparer le zinc, le plomb et le cuivre et éliminer les impuretés indésirables comme le fer. L'extraction par solvant offre des possibilités intéressantes pour ce genre de purification et un travail de recherche considérable a déjà été accompli dans ce domaine. Plusieurs solvants ont été éliminés mais on a retenu le SME 529 (un chélateur) pour le cuivre, et l'Alamine 336 pour les ions ferriques et le zinc. On extrait d'abord le cuivre que l'on dépouille ensuite avec une solution de H_2SO_4 et l'on récupère finalement du cuivre électrolytique. L'Alamine 336 extrait les ions ferriques que l'on dépouille ensuite à l'eau pour récupérer le $FeCl_3$. On extrait le zinc avec l'Alamine 336 et du $ZnCl_2$ et on le récupère par dépouillage à l'eau. Le D2EHPA permet également l'extraction du zinc.

On a achevé certains essais visant à déterminer, à partir des données mentionnées plus haut, les paramètres de l'étude technique des ateliers pilotes d'extraction par solvant. On a trouvé que le plomb en faible concentration, considéré comme une impureté, passe à travers les circuits d'extraction par solvant prévus, et qu'on pourrait utiliser un composé de l'ammonium quaternaire pour l'extraire.

Si l'on fait appel à l'extraction par solvant pour récupérer le zinc des solutions de lixiviation au chlorure, on obtient une solution de sulfate de zinc contenant du chlorure et un extrait organique entraîné ou dissous. On procède actuellement à l'étude systématique de la morphologie et de l'orientation des dépôts électrolytiques de zinc obtenus à partir de ces solutions contenant quelques impuretés. Des études antérieures montrent qu'on peut tolérer jusqu'à 500 mg/l de chlorure, mais que les substances organiques dissoutes posent un sérieux problème.

CANMET et la société Cominco Ltée ont entrepris une opération en commun en vue de mettre au point des méthodes pour contrôler la croissance des dépôts de zinc, de façon à obtenir régulièrement un dépôt compact présentant une surface lisse, ce qui permet de maintenir, sur des périodes plus longues qu'actuellement, un rendement de courant élevé. Les résultats de cette étude indiquent une corrélation certaine entre la morphologie du dépôt et la présence d'additifs et d'impuretés dans l'électrolyte. Les divers additifs et impuretés influent aussi sur les courbes de polarisation du zinc, de façon caractéristique. Par conséquent, en surveillant ces courbes, il est possible de régler avec précision la quantité des agents modificateurs dans l'électrolyte, de façon à maintenir la surtension à un niveau approprié pour fournir, de façon régulière, un dépôt acceptable, sans nécessité d'avoir recours au dosage à vue de nez des agents modificateurs. Ce travail visait également à réduire la contamination par le plomb des dépôts de zinc électrolytique.

On a également étudié l'extraction du zinc par voie électrolytique, à partir de solutions de chlorure, comme méthode possible de récupération du zinc métallique. Si cette méthode s'avérait praticable, elle serait préférable à l'extraction du zinc à partir d'un électrolyte sulfaté, car le chlore dégagé aux anodes de graphite pourrait être recyclé au niveau de la chloruration. Grâce aux techniques du microscope électronique à balayage, de la diffraction aux rayons X et de la microscopie optique, on a déterminé la morphologie, l'orientation et la coupe transversale des dépôts de zinc obtenus à partir d'électrolytes de chlorure. Les dépôts électrolytiques obtenus à partir de lessives de lixiviation simulées ont été jugés inacceptables. Cependant, en ajoutant à l'électrolyte 60 mg/l de colle et 0,08 mg/l d'antimoine, le dépôt de zinc a été nettement amélioré. Cette approche a été suggérée au cours de l'opération menée en commun par CANMET et la société Cominco Ltée, mentionnée ci-dessus. La vérification de ces résultats marquerait un progrès très important dans le domaine de l'électrolyse du zinc à partir d'un électrolyte au chlorure.

Traitement des métaux ferreux

L'étude du minerai de fer de Peace River, commencée en 1974, a été menée à bonne fin en 1976. Le minerai in situ contient environ 30 à 35 % de Fe, 17 à 20 % de SiO_2 et 25 % d'eau; il consiste en olithes de goethite, en nontronite amorphe avec des inclusions submicroscopiques de goethite, en quartz et en phosphate amorphe dans une gangue d'opale ferrugineuse et de sidérose.

On peut enrichir les substances minérales ferrifères et les amener à une teneur commerciale en employant la flottation par mousse, ce qui permet d'obtenir un concentré titrant 52 % Fe, 14,8 % SiO_2, 5,4 % Al_2O_3, 1,1 % MgO, 2,3 % CuO et 1 % P, pour un taux de récupération du fer d'environ 60 %. On peut obtenir, par grillage et séparation magnétique des concentrés de flottation, des concentrés plus riches contenant 55 % de Fe et 11 % de SiO_2. En moyenne, le rapport des concentrations (après et avant préparation) était de l'ordre de 2,5 pour 1 et le pourcentage d'élimination de la silice était de 80 %.

En fondant, dans un cubilot de 16 pouces de diamètre intérieur, environ une demi-tonne l'heure d'agglomérés composites constitués de minerai de fer de Peace River et de coke de lignite, on a obtenu 200 lb (90,7 kg) de fonte l'heure. Le procédé semble techniquement viable, mais il est discutable du point de vue économique. On a ensuite transformé la fonte en acier dans un convertisseur expérimental, à lance verticale (basique à oxygène), d'une capacité de 300 lb (136 kg).

Comme la fonte élaborée à partir du minerai de Peace River présentait des teneurs exceptionnellement élevées en silicium (3,5 %) et en phosphore (1,5 %), on a dû mettre au point une méthode de fabrication à deux laitiers. Pendant les dix premières minutes du soufflage à l'oxygène, le silicium est oxydé et transféré au laitier sous forme de silicate de calcium, par des additions progressives de chaux. Après la désiliciation, on interrompt le soufflage et on enlève le laitier. Pour la déphosphoration, on introduit dans le convertisseur un mélange de 60 % de chaux et 40 % d'oxyde de fer, auquel on ajoute une petite quantité de fluorine.

Traitement des minéraux industriels

L'élimination des fines particules de quartz associées au kaolin dans les argiles canadiennes est un problème constant. On a donc mis au point un procédé par floculation et dispersion pour extraire, de façon sélective, le kaolin du trop-plein des classificateurs et pour enlever le quartz fin du produit. Le procédé consiste à traiter le trop-plein au $CaCl_2$ et SO_2 pour activer le kaolin et faire tomber le quartz, puis à obtenir du kaolin floculé grâce à un polyacrylamide de masse moléculaire élevée. On disperse le produit floculé par agitation en présence de silicate de sodium pour libérer les particules de quartz qui auraient pu être entraînées, puis on le fait floculer de nouveau. On a obtenu, de cette façon, des concentrés de kaolin titrant 36 à 39 % Al_2O_3.

Des recherches se poursuivent en vue d'éliminer les réactions indésirables qui nuisent au traitement des argiles et des schistes ou à la qualité des produits fabriqués à partir de ces matières. Pour le moment, les efforts portent sur l'amélioration de la durabilité des produits de construction à base d'argile, fabriqués à partir de matières premières à haute teneur en chaux. Ces produits constituent essentiellement les matières premières utilisées par les plus importants fabricants de produits d'argile du Centre du Canada mais, en raison de leur grande porosité, les matériaux produits peuvent se détériorer par dilatation à l'humidité ou sous l'action du froid. Ces problèmes sont monnaie courante dans les régions de Toronto, Ottawa, Montréal et Québec. Les méthodes de la dilatométrie permettent de suivre les progrès de l'établissement de la porosité au cours de la cuisson; et on a pu déterminer, à l'aide du microscope électronique à balayage, que la porosité était causée avant tout par la croissance désordonnée de cristaux de composés feldspathiques. En vue de résoudre ce problème, on a tenté de modifier la composition de la pâte en se fondant sur des considérations de diagramme de phases, mais pratiquement sans succès; on est arrivé à des résultats aussi décevants lorsqu'on a tenté d'obtenir des textures plus compactes, en semant dans la pâte des germes cristallins par addition de feldspaths et de composés apparentés. Les prochaines tentatives viseront à provoquer la formation de germes de cristallisation dans d'autres phases présentant des morphologies différentes, ce qui devrait aboutir à des microstructures plus compactes.

On déploie un effort de recherche important dont l'objectif est d'établir la faisabilité technique et économique des traitements de l'anorthosite, des schistes, des argiles, des cendres volantes et de la syénite néphélinique canadiens, en vue de fabriquer de l'alumine, comme solution alternative à l'importation de la bauxite ou de l'alumine. Certains de ces travaux se font dans le cadre d'une opération menée en commun avec le Bureau of Mines des États-Unis.

Les recherches effectuées en laboratoire montrent que plus de 98 % de l'alumine contenue dans l'anorthosite peut en être extraite par lixiviation avec des acides relativement dilués tels que l'acide sulfurique, le chlorure d'hydrogène (titre massique: 0,05 à 0,25), ou l'acide nitrique (titre massique: 0,30). Pour obtenir ces taux d'extraction, il faut d'abord fondre l'anorthosite à 1 550°C puis la solidifier de nouveau sous forme amorphe, par trempe. On a récupéré l'alumine des lessives acides sous forme d'alun potassique, de chlorure d'aluminium à six molécules d'eau et de nitrate d'aluminium à une molécule d'eau. L'alumine la plus pure a été obtenue en récupérant le chlorure d'aluminium à six molécules d'eau et en le calcinant.

Aux États-Unis, récemment, on proposait dans un brevet d'invention d'utiliser l'acide fluosilicique pour rompre les liaisons alumine-silicate de l'argile, ce qui élimine la nécessité de recourir à la calcination ou à la déshydratation avant la lixiviation à l'acide. On a commencé, à cet effet, un travail expérimental dont l'objet est d'établir si, en ajoutant de l'acide fluosilicique aux solutions de lixiviation au chlorure d'hydrogène ou à l'acide sulfurique, on peut améliorer le taux d'extraction de l'alumine de l'anorthosite brute. Les premiers résultats sont encourageants: en lixiviant de l'anorthosite, passée au tamis de 200 mailles, avec une solution à 24 % de chlorure d'hydrogène et de 0,8 à 4,8 % d'acide fluosilicique, on a obtenu des taux d'extraction de l'alumine variant entre 64 et 91 %, selon le temps de lixiviation et la concentration en alumine.

On a également entrepris des travaux en vue de mettre au point et d'évaluer des techniques pour extraire l'alumine de l'anorthosite, par le procédé de frittage chaux-soude. On a examiné divers échantillons d'anorthosite provenant du Canada et des États-Unis. Un taux d'extraction maximal de 98 % a été obtenu pour un échantillon provenant du lac Saint-Jean (Québec); pour un des échantillons envoyés par le Bureau of Mines des États-Unis, le taux d'extraction de l'alumine était de 90 %. Bien que les taux d'extraction de l'Al_2O_3 soient satisfaisants, aucune méthode n'a encore été trouvée permettant d'obtenir, à partir de la solution de lixiviation, une alumine ayant la pureté voulue, le problème majeur à cet égard étant la contamination par la silice.

L'étude sur le procédé de frittage à la chaux a débuté en 1976. Avec de l'anorthosite canadienne, on a obtenu des taux d'extraction de l'alumine dépassant 95 %. Mais, de même que pour le procédé de frittage chaux-soude, on n'a pas réussi à éliminer la silice de la solution de lixiviation.

Utilisation

Des bâtiments, ouvrages d'art et objets de toutes sortes utilisés dans les pays industrialisés sont construits à partir de roches préalablement soumises à une série complexe d'opérations et de traitements. Dans le cadre de la présente sous-activité, les travaux de R-D portent sur les traitements et leurs produits qui suivent la séquence des traitements discutés aux chapitres consacrés aux sous-activités "Exploitation minière" et "Traitement".

Les sous-activités "Exploitation minière" et "Traitement" aboutissent à une matière première, tel un métal ou un minerai industriel, qui n'a plus besoin d'être affiné. Cette matière peut alors être moulée en un objet utilisable. En général, elle doit être soumise à plusieurs opérations avant de prendre la forme d'un objet utile. Dans les premières étapes, on lui donne souvent une certaine forme standardisée, telle que tube, tôle, fil, cornière, etc. Ces produits intermédiaires ou semi-finis, et les procédés utilisés pour les obtenir ont un intérêt particulier dans le cadre de la sous-activité "Utilisation", bien que certains travaux de R-D portent sur le rendement de produits finis industriels.

Comparativement à l'infinie diversité des biens de consommation et des procédés utilisés pour les obtenir, la gamme des produits semi-finis et des procédés industriels qui s'y rapportent est limitée. Elle est cependant assez variée pour que la nature des travaux de R-D effectués dans le cadre de la sous-activité "Utilisation" présente une diversité qu'on ne rencontre pas dans les travaux des sous-activités "Exploitation minière" et "Traitement".

Dans la mise en œuvre des politiques minérales dynamiques du Canada, le gouvernement a accordé priorité absolue "à la diversification et au développement de l'industrie". La sous-activité "Utilisation" aide à atteindre ce but grâce à ses travaux dans le domaine de la technologie et de la mise au point des matériaux.

Matériaux destinés aux industries d'exploitation des ressources

L'an dernier, la recherche sur les matériaux destinés aux industries d'exploitation des ressources a été limitée à l'étude de l'importance de la corrosion dans l'usure des broyeurs à boulets ou à barres utilisés pour la préparation mécanique des minerais. Il est difficile d'attribuer à ce travail une valeur exacte en dollars, mais il est certain que les sociétés minières sont désormais beaucoup plus conscientes de la nécessité de contrôler correctement le pH dans les opérations de broyage.

D'autres travaux ont spécifiquement porté sur l'évaluation de la résistance à la corrosion de divers aciers en vue de reconnaître leur potentiel dans la fabrication de boulets de broyage. Parallèlement, on a étudié l'effet du pH et de la température sur la vitesse de corrosion lors du broyage humide de minerai de cuivre à faible teneur et de minerai à base d'hématite. On a découvert, entre autres, une relation quantitative entre les additions de nitrite de sodium et la vitesse d'usure des boulets.

Intégrité des matériaux métalliques

Les structures métalliques de toute sorte (pipe-lines, ponts, bouteilles à gaz, bateaux, wagons-citernes, voies ferrées, etc.) peuvent parfois se dégrader et céder. A CANMET, siège du laboratoire national sur les métaux, des scientifiques entreprennent régulièrement des recherches ou agissent à titre d'experts-conseils dans certains cas de défaillance grave; le personnel technique du Centre participe également aux travaux de plusieurs comités chargés d'établir des normes et des codes de prévention de ces défaillances. Cette expérience permet d'identifier les besoins en recherche.

Vers la fin de 1976, une étude préliminaire sur la résistance de certains métaux et alliages à la corrosion par l'action de l'atmosphère et de l'eau de mer dans l'Arctique a montré la nécessité et la faisabilité d'un programme plus complet. On évalue présentement plusieurs études techniques sur des essais pour mesurer la susceptibilité à la corrosion atmosphérique et un programme de recherche plus vaste sera lancé, dès que l'on aura mis au point un essai approprié.

Dans le but d'améliorer le rendement et la sûreté des structures soudées, dans le Nord du Canada, ont met actuellement au point des techniques permettant d'obtenir des soudures de haute résilience à basses températures. Des progrès ont déjà été accomplis qui devraient conduire à de meilleurs procédés de soudage.

Au cours d'autres travaux on a évalué, par l'essai d'élargissement par explosion, la résilience de soudures faites dans plusieurs aciers choisis. Ce travail a montré que les résultats dépendent, de façon très marquée, de petites variations de caractéristiques particulières de la forme géométrique de la soudure; il a permis également d'établir jusqu'à quelles limites les essais d'élargissement par explosion sont valables.

Pour des raisons d'économie, on a tendance à utiliser l'acier le moins cher parmi ceux conformes aux spécifications imposées, surtout dans le cas de structures de grandes dimensions. Cependant, cette pratique a parfois causé des défaillances au niveau des soudures, appelées arrachement lamellaire. Une importante société d'ingénierie de Montréal a adopté un essai qualificatif simple, mis au point par le personnel de CANMET, pour évaluer la tendance des aciers soudés à cette défaillance. Les travaux de CANMET, au cours de la présente année, en vue de rendre cet essai semi-quantitatif, n'ont pas donné les résultats attendus.

Un effet secondaire de certaines opérations industrielles courantes, dont le soudage, est la présence d'hydrogène dissous dans l'acier. Les variables de fonctionnement de ces opérations doivent donc avoir des valeurs qui tendent à empêcher, dans la mesure du possible, la dissolution d'hydrogène. L'hydrogène, même en quantités minimes, rend l'acier fragile. Par conséquent, sa seule présence peut provoquer des ruptures, mais le plus souvent, ces dernières sont causées par d'autres facteurs en plus de la présence d'hydrogène.

L'hydrogène jouerait un certain rôle dans l'arrachement lamellaire, mais son mécanisme d'action n'a pas encore été clairement élucidé. Au cours de l'année, on a poursuivi des travaux sur la fragilisation par l'hydrogène, dans le cadre des recherches sur le soudage et la galvanisation.

La structure métallurgique, les inclusions d'impuretés et les contraintes résiduelles sont autant de facteurs pouvant affecter l'intégrité des constructions métalliques. Les travaux de recherche relatifs à ces facteurs, entrepris à la suite de cas précis de défaillance en service, ont apporté une expérience qui a contribué largement à améliorer la capacité d'analyse de CANMET dans ce domaine.

Mise au point de matériaux à base de substances minérales industrielles

Les travaux dans ce domaine portent essentiellement sur le béton et ont deux objectifs: 1) évaluer les matériaux utilisés dans la préparation du béton; et 2) établir les propriétés et les rendements caractéristiques des bétons.

Au cours de l'année, on a mis sur pied un programme important d'essais chimiques et physiques, en vue d'évaluer les propriétés des cendres volantes de diverses provenances au Canada et d'estimer leur potentiel dans la préparation du béton. Parallèlement, on a entrepris une étude de faisabilité portant sur l'utilisation des schistes provenant de certaines mines de charbon, pour fabriquer des granulats légers par frittage.

Une société privée a étudié, sous contrat, la possibilité d'utiliser du sable provenant du concassage de roches calcaires dans la préparation du béton. Au cours de la même étude, on a également déterminé les effets de l'addition de cendres volantes et de certains adjuvants chimiques sur l'usinabilité des bétons et leur résistance à la flexion. L'étude a montré qu'un mélange de sable fabriqué d'aggrégat de roches concassées et de cendres volantes produisait un béton très résistant à la flexion.

Quelques projets ont pour but de déterminer les propriétés des bétons. Par exemple, on a franchi une étape importante vers l'achèvement d'une étude

Figure 10. Le mouton-pendule de Charpy sert à mesurer la résilience des aciers entrant dans la fabrication des tubes de pipe-line.

approfondie pour cataloguer les propriétés des bétons de faible densité. Les résistances à la compression, à la flexion et à la traction ont été déterminées, de même que le retrait, le module d'élasticité et l'effet de cycles répétés de gel et de dégel. Il ne reste plus qu'à mesurer la conductibilité thermique.

Une étude se poursuit pour évaluer les propriétés du béton infiltré de soufre. On a procédé à des essais sur le terrain, dans un atelier de traitement de sulfates, dans une station marine d'essais et dans des silos d'exploitations agricoles locales. On peut, par lessivage, éliminer le soufre infiltré dans du béton, et on s'attarde présentement à déterminer les conditions de lessivage pour les bétons à base de ciment Portland et ceux à faible teneur en chaux.

On a entrepris, en collaboration avec l'Hydro-Québec, la Société d'énergie de la baie James et le Laboratoire de béton, un programme de recherche quinquennal pour déterminer la résistance des bétons à base de ciment Portland, à l'action des eaux acides des cours d'eau et des lacs du Canada septentrional. Des échantillons ont été préparés et traités sur le chantier LG2 du Programme d'aménagement de la baie James, puis montés dans des châssis de retenue et mis en place par hélicoptère.

Les bétons préparés avec du ciment à forte teneur en alumine offrent certains avantages: bonne résistance à l'attaque des alcalis, prise rapide et bonne résistance mécanique s'établissant rapidement par temps froid. D'autre part, si ce béton est soumis, pendant des périodes prolongées, à des conditions de forte humidité ou de température légèrement au-dessus de la normale, l'eau d'hydration du ciment devient le siège d'un réarrangement crystallographique et ce phénomène s'accompagne d'une diminution importante de la résistance mécanique du béton. Une nouvelle étude a pour objet de résoudre ce problème. En traitant le béton à une température élevée, la résistance mécanique augmente, mais d'autres travaux permettront de déterminer les températures maximales de traitement.

L'amélioration des matériaux à base de ciment exige, avant tout, de nouvelles méthodes plus fines pour évaluer les propriétés des bétons. La crise de l'énergie et la nécessité d'améliorer les pratiques d'économies d'énergie obligent à s'intéresser davantage aux propriétés thermiques des matériaux de construction. Au cours de l'année, des travaux ont donc porté sur la mise au point de techniques et de matériels améliorés pour mesurer, en laboratoire, la conductibilité et la diffusivité thermiques. Une étude portait sur le problème sérieux de la mise au point d'un essai non destructif simple permettant d'obtenir, sur le terrain, une mesure valable de la résistance mécanique du béton.

Normes, spécifications et matériaux de référence

On peut se référer directement au document intitulé Objectifs d'une politique minérale canadienne pour justifier la recherche dans le domaine des normes, des spécifications et des matériaux de référence. Participer à l'établissement de spécifications et de normes internationales pour les produits miniers est en effet un des 12 objectifs de la stratégie définie dans la politique.

Les travaux dans ce domaine se classent en deux catégories. Premièrement, établir des normes et des spécifications relatives aux pièces moulées, en particulier les pièces moulées en métal non ferreux; deuxièmement, fournir des matériaux de référence et mettre au point de nouvelles méthodes d'analyse, plus précises. Les travaux de cette deuxième catégorie sont réalisés dans le cadre du Programme canadien de matériaux de référence certifiés et des activités découlant de la participation à des comités de l'Organisation internationale de normalisation et de l'Association canadienne de normalisation.

La résistance et la ductilité d'un métal coulé varient en fonction de la dimension et de la forme du moule. Pour établir définitivement les propriétés mécaniques d'un alliage de fonderie, utilisé à des fins commerciales ou pour des études techniques, on détermine les propriétés du métal à partir d'essais effectués sur des spécimens coulés dans des moules de dimensions préétablies. Étant donné les responsabilités qui lui incombent en tant que laboratoire national sur les métaux, le personnel de CANMET s'est acquitté d'un engagement contracté envers l'Organisation internationale de normalisation, en comparant les effets de la conception technique des moules d'éprouvettes sur les propriétés des éprouvettes coulées dans des moules de divers alliages de cuivre. Pour cette recherche, trois moules différents ont été utilisés: un de conception française et deux de conception américaine.

Les alliages de cuivre contenant de l'aluminium, du fer et du nickel, les bronzes d'aluminium, ont de bonnes propriétés de moulage et entrent notamment dans la fabrication des hélices de bateaux. Des différences importantes dans leurs propriétés mécaniques et leur résistance à la corrosion peuvent résulter de la variation dans la composition chimique de ces alliages, même à l'intérieur des limites imposées par les spécifications. La vitesse de refroidissement d'une pièce coulée a également un effet, qui n'a pas encore été totalement élucidé, particulièrement en ce qui concerne les différences de composition. Une recherche, entreprise à l'origine pour le compte de la Marine royale canadienne, a permis d'éclaircir certaines de ces questions au cours de l'année. Essentiellement, le rapport entre les teneurs en nickel et en fer est un élément critique et agit sur la ductilité et la résistance à la corrosion. Il est donc maintenant possible d'interpréter les spécifications en vigueur relatives à ces alliages et, par conséquent, d'améliorer le contrôle de la qualité en fonderie.

On a également solutionné un problème semblable concernant un alliage de fonderie à base de magnésium. A plusieurs occasions, des problèmes se sont posés dans deux fonderies canadiennes de production de pièces moulées de haute qualité en alliage de magnésium contenant du zinc, du zirconium et des terres rares. En effet, pour certaines combinaisons d'éléments, pourtant comprises à l'intérieur des limites imposées par les spécifications, l'alliage n'atteint pas la résistance mécanique voulue lorsqu'il est soumis au traitement thermique prévu par les spécifications. La recherche entreprise a permis d'évaluer quantitativement cet effet et de déterminer les mesures correctives à prendre lors du traitement thermique.

Depuis plusieurs années, les scientifiques de CANMET poursuivent des recherches sur des pièces moulées en magnésium de haute qualité. Les connaissances et l'expérience acquises au cours de ces recherches ont servi à maintes occasions. Par exemple, on les a mises en application dans une fonderie pour fabriquer des pièces moulées de précision en magnésium. Plus récemment, les normes d'essai radiographique relatives à la ségrégation par gravité, élaborées à la fonderie de CANMET, ont été adoptées par l'American Society for Testing and Materials. La ségrégation par gravité des éléments d'alliage peut se produire soit dans le creuset, soit dans la pièce moulée au cours de la solidification, et entraîner des variations indésirables de la résistance mécanique et de la ductilité du métal moulé. Des études menées parallèlement sur un certain nombre d'alliages de magnésium à haute résistance mécanique et complétées au cours de l'année, ont permis de trouver une explication aux divers effets de la ségrégation par gravité.

Le Programme canadien des matériaux de référence certifiés a pour fonction de fournir des matériaux de référence homologués impossibles à obtenir autrement. Ces matériaux servent à des fins de contrôle de la qualité et d'étalonnage, dans les laboratoires industriels, commerciaux et gouvernementaux au Canada. Ils consistent principalement en minerais et substances connexes, mais certains sols et certains alliages métalliques en sont à divers stades du processus d'homologation. Jusqu'à présent, 26 matériaux de référence ont été homologués et mis à la disposition des usagers. En 1976, un alliage zinc-cuivre a été homologué et ajouté à la liste de CANMET. Plusieurs autres en sont à divers stades du processus d'homologation, dont un minerai d'antimoine-arsenic, cinq minerais de fer retenus pour leur teneur en sodium et en potassium, un concentré sulfuré de zinc-plomb, un concentré sulfuré de cuivre, trois aciers faiblement alliés, cinq lingots de fil de cuivre retenus pour leurs impuretés, un laitier de haut fourneau et quatre échantillons de sol.

On tente également de mettre au point de nouvelles méthodes d'analyse. Le but de ces travaux est de s'assurer que le rendement des services d'analyse soit à la mesure du rôle que doivent jouer naturellement les laboratoires de CANMET en tant que centre national de recherche minière et métallurgique.

Au cours de l'année écoulée, on a mis au point des méthodes d'analyse en vue de déterminer les teneurs (de l'ordre de 10^{-6}) en tellure, arsenic et sélénium, des concentrés de zinc, plomb et cuivre. Ces méthodes se sont avérées utilisables également dans le cas des minerais et concentrés de nickel et de molybdène, ainsi que pour le cuivre métallique de haute pureté et les alliages de cuivre (y compris les laitons). En outre, on a entrepris des travaux en vue de la mise au point de méthodes d'analyse des polythionates.

Transformation plus poussée des métaux

La recherche consacrée à la transformation plus poussée des métaux se rattache directement au but que s'est fixé le gouvernement dans le cadre de sa politique minérale, soit mettre l'accent sur le développement et la diversification de l'industrie. On a donc lancé cinq projets de R-D: travaux sur les techniques de coulée et de moulage, coulée en continu de métaux et alliages spéciaux pour obtenir des produits de petites sections, galvanisation, forgeage d'ébauches obtenues par la métallurgie des poudres et techniques de formage des métaux.

On a entamé dans la fonderie des expériences préliminaires pour évaluer les possibilités d'application, aux alliages de magnésium, d'un nouveau procédé de moulage au sable. Ce procédé, d'origine niponne, est connu sous le nom de procédé V. Le sable est tassé dans chacune des deux parties d'un moule au sable en faisant le vide dans le châssis de moulage. On rend imperméables la surface du sable et les creux des parties inférieure et supérieure du moule à l'aide d'une mince pellicule de matière plastique qui se vaporisera au moment de la coulée. Dans ce procédé, on n'utilise ni liant, ni argile, ni eau pour lier le sable. Une fois la pièce coulée refroidie, elle se dégage facilement du moule et l'on récupère le sable. Le principal avantage du procédé est de permettre une meilleure reproduction des détails que le moulage au sable classique, ou le moulage du sable vert. On obtient donc des pièces moulées plus nettes et plus précises. En outre, l'application du procédé au moulage de pièces en alliages de magnésium présente des avantages du point de vue de la protection de l'environnement. Dans les procédés classiques de moulage, il faut ajouter au sable des inhibiteurs pour éviter que la pièce moulée ne devienne poreuse par suite de la réaction du magnésium fondu avec l'eau du moule. Le soufre est un des rares inhibiteurs utilisables, mais il a sur l'environnement des répercussions néfastes.

On a découvert la fonte nodulaire il y a 25 ans. Les premiers travaux avaient montré que l'addition de petites quantités de certains métaux à des fontes liquides de composition appropriée, permettait

d'obtenir des pièces moulées qui ne présentaient plus la fragilité caractéristique de la fonte, mais qui, au contraire, étaient assez ductiles. La fonte nodulaire représentait donc essentiellement une matière industrielle nouvelle, mais elle conservait néanmoins toutes les propriétés utiles de la fonte. On a vite découvert que l'amélioration remarquable de la ductilité dépendait de la forme sphéroïdale des particules de graphite. Dans la fonte, le graphite est sous forme de lamelles. De tous les métaux pouvant provoquer la précipitation du graphite sous forme sphéroïdale, le magnésium a toujours été reconnu comme le plus efficace. Malheureusement, le magnésium a un point d'ébullition assez bas, et ajouté à de la fonte liquide, il peut réagir de façon explosive à la température de fusion de cette dernière, si l'on ne prend pas de précautions spéciales. Cette réaction, plus que tout autre facteur, a limité la fabrication de la fonte nodulaire. Depuis la découverte de la fonte nodulaire, des efforts considérables de recherche et de développement, dans plusieurs centres de recherche métallurgique, ont porté sur la mise au point de méthodes permettant d'ajouter du magnésium à de la fonte, sans danger. A la fonderie de CANMET, on a mis au point un dispositif permettant d'introduire un fil de magnésium par le fond d'une cuiller. Au cours de l'année, on a travaillé à rendre le fonctionnement de ce dispositif suffisamment sûr pour pouvoir l'utiliser dans une fonderie commerciale.

En fonderie, il y a actuellement une tendance générale à l'utilisation accrue de liants inorganiques à prise rapide pour consolider les moules au sable. On utilise couramment des liants à base de silicate de sodium. Les moules ainsi obtenus sont plus résistants que ceux au sable vert consolidé à la bentonite et à l'eau, et ils conservent mieux les détails. Le silicate de sodium est un liant tellement fort que, une fois le sable aggloméré dégagé des châssis, il est difficile de le désagréger complètement pour le récupérer. On travaille actuellement à la mise au point d'un nouveau liant plus facile à rompre, ce qui permettrait un recyclage illimité du sable de moulage.

Une pièce moulée n'est mécaniquement robuste que complètement désoxydée. Habituellement, on obtient une pièce moulée désoxydée en dégazant le métal en fusion à un degré acceptable dans le creuset ou dans le four et en désoxydant ce dernier juste avant de le couler. Pour désoxyder, on ajoute en excès les réactifs convenables, afin de s'assurer que les gaz dissous seront retenus dans la pièce moulée sous forme d'inclusions solides. La fabrication des pièces moulées en cuivre de haute conductivité, pour lesquelles on note un accroissement de la demande, nécessite la mise au point d'une technique différente, et l'on s'est attaqué à ce problème au cours de l'année écoulée. Cette opération comporte quatre phases. Premièrement, il faut mettre au point une technique utilisable dans les fonderies commerciales pour indiquer la fin du processus de dégazage, c'est-à-dire le moment où l'oxygène

Figure 11. La température d'un bain d'acier spécial en fusion est mesurée dans un four à arc direct électrique de la fonderie expérimentale.

dissous est minimal. Deuxièmement, il faut choisir parmi tous les candidats possibles, l'élément qui affecte le moins la conductivité du cuivre lorsqu'il est dissous en concentrations minimes (traces) dans le métal. Troisièmement, il faut mettre au point des techniques de fonderie pour s'assurer que, lors de la coulée et de la solidification, le cuivre nouvellement désoxydé se charge de la quantité minimale d'oxygène dissous. Quatrièmement, il faut combiner ces trois techniques et les mettre à l'épreuve, en fonderie, pour s'assurer qu'elles permettent la fabrication de pièces moulées de qualité acceptable.

Au cours des opérations de laminage classiques, on réduit les lingots, qui ont normalement une section transversale de 20 po (0,51 m) ou plus et plusieurs mètres de long, pour obtenir des produits laminés (plaques, barres, profilés, etc.). Mais, les coûts de fabrication étant plus avantageux, les produits laminés sont fabriqués, de plus en plus fréquemment, à partir de blooms obtenus par coulée continue plutôt qu'à partir de lingots. Les blooms obtenus par coulée continue ont une section transversale d'environ la moitié de celle des lingots. Étant donné l'importance accrue de la coulée continue parmi les techniques métallurgiques, CANMET a naturellement entrepris des recherches dans ce domaine. Il est cependant préférable de laisser à l'industrie le soin de résoudre les problèmes que posent les techniques de production de tonnages importants. La recherche de CANMET a donc été orientée vers la mise au point de l'équipement et des techniques nécessaires pour obtenir des alliages spéciaux en petits échantillons de sections. On a construit un appareil de coulée continue de petites dimensions et les recherches cette année ont porté sur la détermination des paramètres opératoires pour la fabrication de barres carrées de 7/8 po (2,2 cm) en acier à outils et sur l'évaluation de ces produits du point de vue métallurgique. Si des

travaux ultérieurs montrent qu'on peut fabriquer, à partir de ces barres, des outils de découpe de qualité acceptable, le procédé sera transmis à un fabricant canadien, car il pourra certainement concurrencer les méthodes classiques de fabrication des outils de découpe à partir d'acier en lingot.

Depuis plusieurs années, l'Association canadienne pour la recherche sur la galvanisation et l'Organisation internationale de recherche pour le plomb et le zinc ont appuyé les recherches de CANMET en matière de galvanisation. Récemment, les métallurgistes ont porté une attention toute particulière à la galvanisation des aciers faiblement alliés de haute résistance. On a surtout étudié l'effet accélérateur de la "forte" teneur en silicium de certains aciers faiblement alliés de forte résistance sur la réaction de galvanisation. Les tendances actuelles vers la construction d'automobiles relativement légères et l'utilisation pour leurs carosseries de tôles minces en aciers faiblement alliés de haute résistance incitent vivement à trouver un moyen de protéger efficacement ces aciers contre la corrosion. Au cours de l'année, les chercheurs de CANMET ont tenté de répondre à trois questions. Pourquoi le silicium accélère-t-il la réaction de galvanisation? De quelle façon le vanadium ou le nickel ajouté au bain de galvanisation inhibite-t-il l'effet du silicium? Comment le recuit sous vide, avant la galvanisation, d'une tôle en acier faiblement allié de haute résistance détruit-il aussi l'effet accélérateur du silicium? Le recuit sous vide n'aura probablement pas un avenir commercial en tant que moyen de contrôle de l'effet du silicium, mais on peut espérer qu'en comprenant l'effet du recuit sous vide on disposera d'indices permettant de mieux expliquer le comportement du silicium.

Économies d'énergie

La nécessité d'économiser les métaux et les minéraux est évidente. L'utilisation plus rationnelle des métaux entrant dans la fabrication des produits, la mise au point de matières de remplacement, la découverte de nouveaux usages pour les produits résiduels, le recyclage accru grâce à des innovations techniques représentent les principales mesures d'économies dans ce domaine. En 1976, les chercheurs de CANMET n'ont étudié que l'utilisation des déchets minéraux, métallurgiques et chimiques et l'usage accru des débris métalliques.

Afin d'informer le public sur l'existence des déchets de traitement d'origine minière ou minérale et de promouvoir leur utilisation, on compile actuellement des données sur l'existence et les caractéristiques physiques et chimiques de ces déchets et sur les usages possibles. Un compte rendu relatif aux déchets minéraux de l'Ontario a déjà été écrit et un autre se rapportant au Québec est en préparation.

Une étude relative à la faisabilité technique de la production de laine minérale à partir de laitier fondu est terminée. On a d'ailleurs fabriqué de la laine minérale à partir de laitier sidérurgique additionné de silice. D'autres recherches ont également été entreprises en vue de déterminer la faisabilité technique de fabriquer des isolants en mousse à partir de résidus de broyage et de verre résiduel. On tente maintenant d'introduire cette technologie dans l'industrie.

Pour mettre au point un bon alliage de fonderie Zn-Al à base de zinc de deuxième fusion, il faut définir les limites optimales des teneurs en certains éléments et impuretés pour les raisons suivantes: a) cet alliage se comporterait comme l'alliage de moulage par pression habituellement utilisé et renfermant 4,5 % d'aluminium, selon les spécifications actuelles et, b) l'alliage renfermant 12 % d'aluminium résisterait davantage aux impuretés et, par conséquent, permettrait un recyclage plus poussé. Le travail a permis d'établir les limites optimales pour le cuivre et le magnésium ainsi que pour le plomb et l'étain présents séparément dans l'alliage. On montre que la teneur en plomb pouvait dépasser considérablement les limites actuelles de spécifications sans que la résistance à la corrosion ne s'en trouve diminuée. On a découvert un effet anormal en ce qui concerne l'étain. Si la teneur en Sn atteint la limite maximale acceptée de 0,003 %, l'effet est pire que pour une teneur de 0,015 %. Dans ce dernier cas, la résistance à la corrosion se rapproche de celle pour une teneur en étain de 0,001 %. Les effets combinés de l'étain et du plomb sont supérieurs à la somme de leurs effets individuels. A toutes fins pratiques, la tolérance de l'alliage à la présence d'étain est si faible que la teneur maximale acceptable de cette impureté a été fixée à environ 0,001 %. Quant au plomb, une teneur de 0,01 % entraîne sensiblement la même attaque corrosive qu'une teneur de 0,001 %; aussi est-elle jugée comme une limite supérieure acceptable pour cet alliage. Ces nouveaux renseignements concernant l'effet de la teneur en étain peuvent avoir des répercussions importantes sur les spécifications commerciales de ces alliages.

On porte une attention constante à divers problèmes relatifs aux ordures municipales, particulièrement le recyclage et la récupération de l'énergie et des matières.

Environnement, santé et sécurité

Depuis quelques années, le public se préoccupe de plus en plus des répercussions de certaines industries, comme l'exploitation minière, les industries de pâtes et papiers et les pipe-lines sur la qualité de l'environnement en surface. L'acide sulfureux des gaz de carneau, les particules d'amiante, les matières radioactives ainsi que le mercure et l'arsenic présents dans les cours d'eau sont parmi les principales sources de préoccupations. Par conséquent, CANMET accorde une importance primordiale aux travaux sur la mise au point d'une technologie destinée à réduire les risques pour la

santé et la sécurité, et les conséquences néfastes sur l'environnement attribuables aux activités minières et métallurgiques.

Environnement au fond des mines

Des chercheurs tentent de mettre au point des méthodes de contrôle permettant de réduire les niveaux de poussière, de rayonnement, de gaz divers et de bruit dans les mines souterraines, de façon que les niveaux moyens d'exposition des travailleurs restent bien en deçà des normes fédérales et provinciales.

Les chercheurs de CANMET étudient depuis plusieurs années l'échantillonnage et l'analyse des poussières en suspension dans l'atmosphère des mines. Ils ont ainsi mis au point une méthode d'échantillonnage par gravité qui, avec la diffraction des rayons X, sert à analyser la teneur en quartz; on introduit maintenant cette méthode dans les mines canadiennes en roche dure. En 1976, CANMET, la Mine Accident Prevention Association of Ontario et la Denison Mines Limited ont entrepris une étude dans des exploitations minières choisies pour comparer la nouvelle méthode par gravité à la méthode classique utilisant le conimètre. Une étude à forfait a permis d'évaluer trois types d'échantillonneurs par gravité. On évalue également les méthodes d'analyse par infrarouge de la teneur en quartz des échantillons de poussière. La recherche sur les poussières en suspension, qui portait initialement sur la mesure et l'analyse, a maintenant trait à la façon dont la poussière est produite au cours des différentes opérations minières et aux moyens de la supprimer.

CANMET et le Bureau of Mines des États-Unis étudient conjointement les problèmes de rayonnement soulevés par l'exploitation minière de l'uranium. Pour mesurer les niveaux de radon produits par diverses opérations minières, ils ont installé un dispositif important de contrôle en continu de ce gaz radioactif. Les résultats préliminaires indiquent que les opérations de chargement constituent la principale source de radon au fond de la mine. L'abattage produit un dégagement de radon, mais le gaz est dissipé par l'aérage avant l'arrivée du poste suivant. Une autre étude visait à mesurer les niveaux de radon dans les vides d'exploitation remblayés avec des résidus. Les données obtenues grâce à ces études serviront à établir un plan d'aérage pour ramener la concentration en radon à des niveaux sûrs.

Dans le cadre des travaux relatifs au problème du radon, on a mis à l'essai un prototype d'appareil destiné à mesurer instantanément les niveaux du radon et de ses descendants dans les chantiers. L'appareil donne des mesures précises, mais il est trop lourd pour être considéré comme portatif. Le personnel de CANMET a mis d'autres appareils à l'essai pendant l'étude approfondie des niveaux de radon dans les maisons d'Elliot Lake. Finalement, on a fabriqué, en 1976, un convertisseur à multiples

Figure 12. La préparation des spécimens pour l'examen au microscope électronique fait appel à des techniques spécialisées. Cette technicienne prépare une réplique d'extraction en film de carbone d'un acier à rail, qui sera examinée avec un très fort grossissement.

capteurs qui augmentera considérablement la compétence de CANMET en matière d'analyse du radon.

Le personnel du Centre prépare actuellement une banque de données sur les gaz d'échappement des Diesel utilisés dans les mines afin de baser les exigences en matière d'aérage sur les échappements réels plutôt que simplement sur les spécifications des moteurs neufs. En 1976, des essais ont porté sur les moteurs usagés, remis en état et neufs à l'aide du dynamomètre disponible au laboratoire. Ce travail portera maintenant sur la mise au point d'un dispositif portatif comprenant un appareil de mesure des fumées qui permettra d'évaluer sur le chantier les particules qui s'échappent des Diesel usagés. Les essais préliminaires sur la transformation de SO_2 en SO_3 dans les épurateurs catalytiques ont indiqué que la formation de fumée acide constitue un problème possible qu'il convient d'étudier plus à fond. Une des principales activités du laboratoire de recherches de CANMET sur les Diesel est l'homologation des moteurs; cette activité est décrite dans la section relative au Programme de recherche énergétique.

En 1976, des travaux ont débuté pour mettre au point un modèle de simulation par ordinateur de l'aérage des mines souterraines. Au début, ce modèle servirait à prévoir la répartition du courant d'air; on pourrait éventuellement inclure des données concernant la poussière, le radon, les gaz d'échappement des moteurs Diesel et les fumées nocives.

On a terminé une étude approfondie sur le bruit dans les mines à ciel ouvert, les mines souterraines et au cours des travaux de préparation mécanique d'une mine. Cette étude visait à déterminer l'indice d'exposition au bruit pour différents types de travail et l'efficacité des méthodes et du matériel de protection utilisés. Les caractéristiques d'atténuation de plusieurs types de

protecteurs auriculaires ont été évaluées en laboratoire; d'autres essais auront lieu sur les terrains avec des protecteurs choisis. On a construit un prototype de détecteur de bruit que l'on mettra bientôt à l'essai sur le terrain.

En 1976, CANMET a adjugé un certain nombre de marchés de recherche sur la santé et la sécurité dans les mines d'uranium. Les champs d'application de ces études sont décrits brièvement ci-dessous:

1. Étude de l'hygiène industrielle

Étude des questions relatives aux activités et à l'environnement sur les lieux de travail; étude critique des contrôles administratifs et techniques et des méthodes de surveillance; identification des risques professionnels; explication rationnelle des priorités en matière de surveillance de l'environnement.

2. Précision des échantillonneurs de poussières

Effet de la vitesse et du sens du vent et de la vitesse d'entrée dans l'appareil sur la quantité de poussières recueillies par trois types d'échantillonneurs; effet de l'emplacement de l'appareil sur le corps; effet de la vitesse du vent sur les caractéristiques de ramassage de trois cyclones différents.

3. Stratégies en matière d'aérage

Étude documentaire des pratiques actuelles et des obligations légales en matière d'aérage dans les mines d'uranium; détermination des innovations récentes dans le domaine de l'aérage; étude critique des modèles de simulation de l'aérage par ordinateur.

4. Évaluation du dosimètre alpha

Méthodes d'étalonnage et de mesure; essais des appareils sur le terrain dans trois mines et évaluation de la technique de mesure.

5. Surveillance continue

Acquisition et mise à l'essai de capteurs offerts sur le marché; mise au point de nouveaux dispositifs de mesure; mise à l'essai, sur le terrain, des capteurs, du système de transmission des données et du système automatisé; évaluation des systèmes de contrôle en continu. Les capteurs du système comprennent des anémomètres et des dispositifs de détection et de mesure pour le feu, le radon et ses descendants, le monoxyde de carbone, le méthane, l'acide sulfureux, le sulfure d'hydrogène, les oxydes d'azote, l'oxygène, la poussière, la température, l'humidité et la pression barométrique.

6. Remblayage avec des résidus d'uranium

Étude critique des pratiques courantes de l'exploitation minière; propriété des résidus d'uranium; possibilités d'émission de radon des résidus; utilisation de ciment ou de résines synthétiques pour imperméabiliser le remblai; évaluation des avantages du remblayage.

7. Inhalation d'hydrocarbures

Identification des principaux facteurs touchant les fonctions respiratoires et des maladies respiratoires possibles résultant d'un stage prolongé dans un environnement souterrain; étude critique des observations médicales sur l'inhalation d'hydrocarbures, y compris la fumée de cigarette et les gaz d'échappement des moteurs Diesel, et des effets de ces inhalations sur ces défaillances pulmonaires.

8. Vêtements et casques de travail pour les mineurs

Mise au point de prototypes de vêtements de travail assurant des conditions optimales de résistance à l'eau et de perméabilité à la vapeur; mise au point d'un casque à lampe, d'une visière couvrant toute la figure, d'un dispositif de filtration de l'air et d'un protecteur auriculaire; mise au point d'un accumulateur perfectionné pour la lampe et le dispositif de filtration de l'air.

9. Dispositifs de traitement des gaz d'échappement des Diesel

Mise à l'essai des épurateurs d'eau et des convertisseurs catalytiques disponibles sur le marché pour déterminer la quantité de suie entraînée dans les gaz d'échappement des Diesel; faisabilité du captage de la suie de Diesel par des filtres secs.

Évacuation des déchets

Au cours des deux dernières années, CANMET a intensifié son programme de recherches sur les résidus d'uranium; ces travaux ont trait à l'étude de la contamination de l'eau par des substances radioactives et de l'acidité provenant de l'oxydation de la pyrite présente dans les résidus.

Un programme de recherche quinquennal sur les propriétés physiques et chimiques des résidus, suivi d'essais sur la croissance de la végétation dans des milieux contrôlés et finalement d'essais sur le terrain, a permis de mettre au point une méthode de repeuplement végétal des résidus d'uranium à Elliot Lake. Le traitement initial comprenait la neutralisation de l'acide et l'apport de matières nutritives, suivis de la mise en culture et de

l'ensemensement, puis de l'épandage d'engrais pendant une période de cinq ans, la végétation se maintient ensuite sans apport de l'extérieur. On peut utiliser un certain nombre d'herbes, mais on recommande un mélange d'agrostis blancs et de fétuques rouges rampantes. D'autres essais ont démontré que certaines espèces de feuillus poussent facilement, à l'encontre des conifères. Les essais microbiologiques effectués dans les zones de repeuplement végétal des résidus ont indiqué la présence d'une quantité suffisante de micro-organismes pour assurer le recyclage. Une étude brève sur l'assimilation des radio-isotopes par les herbes a révélé que les teneurs en uranium, en radium 226 et en plomb 210 étaient plus élevées dans l'herbe que dans un sol témoin.

Des travaux visent également à identifier les mécanismes de production d'acide dans le bassin à résidus, à repérer les voies de filtration de l'acide, des métaux et des radio-isotopes à travers le sol d'arrivée dans les cours d'eau et à mettre au point des méthodes de contrôle adéquates. Un système de puits et de déversoirs à échantillonnage a été mis en place dans une ancienne zone de décharge de résidus. Les résultats indiquent que l'oxydation de la pyrite, surtout par l'action bactérienne, se produit avant tout dans la couche superficielle de 10 po (25,4 cm) d'épaisseur des résidus. Les résidus grossiers recouvrent de l'eau très acide et très radioactive, alors que l'eau sous les résidus fins est beaucoup moins contaminée, sauf dans le cas du radium 226. Le radium 226 serait la principale source de contamination radioactive, mais on a quand même procédé à une étude monographique pour le thorium.

Des contractants ont complété une étude préliminaire de la stabilité des boues de sulfate de baryum et de radium semblables à celles qui se déposent dans les lagunes de décantation après le traitement des effluents au chlorure de baryum. A plusieurs points de vue, les résultats n'étaient pas concluants, mais ils indiquaient que la libération du radium dépendait principalement de la concentration en sulfate de la solution.

En collaboration avec la Rio Algom Limited, CANMET a entrepris en 1975 un programme quinquennal en vue d'évaluer les effets des divers traitements de la surface du sol, y compris le repeuplement végétal, sur la qualité de l'eau d'infiltration. Quatre bassins à résidus de 30 pi sur 30 pi sur 5 pi (9,1 m sur 9,1 m sur 1,5 m) ont été construits. On a recouvert de végétation un des bassins par la méthode de CANMET et répandu 6 po (15 cm) de terre d'alluvion et une couche de sciure de bois sur deux autres bassins. Le quatrième n'a reçu aucun traitement de surface et sert de témoin. L'expérience se poursuivra pendant encore trois ans afin de permettre l'oxydation de la pyrite. Toutes les deux semaines, on détermine les niveaux de contamination de l'eau d'infiltration dans chaque bassin.

Des essais ont été complétés en vue de déterminer si le pentachlorophénol pouvait arrêter l'oxydation bactérienne de la pyrite présente dans les résidus. Ce composé ne diffuse pas suffisamment à travers les résidus et, en concentration nécessaire, il serait lui-même toxique dans les eaux d'évacuation des effluents.

On peut également éliminer la pyrite des résidus par flottation, à l'usine. Les essais préliminaires effectués sur de vieux résidus indiquent que ce procédé enlève jusqu'à 96 % de la pyrite et permet d'atteindre une concentration importante en radium 226. La recherche se poursuit sur des résidus frais.

Des chercheurs étudient également le problème, relié à l'environnement, de la présence de polythionates dans les résidus de sulfures provenant des opérations de flottation. Les polythionates contenus dans la surverse des bassins de résidus sont habituellement oxydés dans le courant récepteur, ce qui abaisse le pH au point de menacer l'écosystème du ruisseau.

On étudie actuellement le problème particulièrement difficile de la formation de thiosels pendant le broyage des minerais sulfurés du Nouveau-Brunswick. Jusqu'à présent, les résultats expérimentaux montrent que les réactions engendrant des composés sulfureux sont extrêmement sensibles au pH.

Le problème de la formation de thiosulfates peut être résolu par l'oxydation à l'air de ces composés en sulfates subséquemment neutralisés avant leur rejet dans l'environnement. On cherche présentement un moyen de catalyser cette réaction naturellement lente.

En 1976, on a terminé une étude approfondie, entreprise l'année précédente, des méthodes pour éliminer le cyanure soluble et les cyanures complexes de métaux de base contenus dans les effluents des laveries d'or. Les travaux portaient sur quatre méthodes: l'acidification, la chloruration, l'ozonation et le traitement par échanges d'ions des effluents cyanurés. Des analyses économiques ont indiqué que la chloruration était le procédé le plus rentable, surtout à cause des faibles coûts d'investissement. Cependant, en dernière analyse, le choix du procédé dépendra de la complexité de la solution à traiter; dans certains cas, les normes environnementales pourraient militer en faveur d'un procédé plus coûteux.

Au cours des travaux antérieurs sur la pollution atmosphérique, un filtre à couche tassée a été mis au point pour supprimer le rejet de particules des fonderies, des affineries et des usines de traitement dans l'atmosphère. En 1977, le travail s'est poursuivi sur un modèle expérimental. Après avoir agrandi le dispositif initialement à l'échelle du laboratoire pour obtenir une capacité de filtration de 40 pi^3/min (1,1 m^3/min) et apporté d'autres modifications, on a réussi à recueillir, avec un rendement de 95 à 99 %, les particules inférieures à un micron contenues dans les fumées émises par un four expérimental à l'oxygène. En fixant un crible spécial de retenue à lit allongé à l'extérieur des ouvertures d'échappement, on a effectivement

doublé la capacité du dispositif expérimental et considérablement étendu la gamme de pressions sous lesquelles le lit peut fonctionner.

On a aidé la Société canadienne des brevets et d'exploitation Limitée à obtenir un brevet américain, et plusieurs détenteurs de licences de brevets canadiens et américains à étudier et à installer conjointement, à la fonderie de Winnipeg, un deuxième filtre commercial à couche tassée d'une capacité de 14 000 pi^3/min (400 m^3/min). Ce dispositif de taille industrielle a filtré, avec un rendement supérieur à 99 %, les poussières émises par le cubilot de la fonderie au cours d'une expérience simulée.

Environnement industriel

Un procédé de traitement de l'amiante par voie humide a été étudié en vue de réduire les dangers pour la santé des fibres en suspension dans l'air et d'obtenir néanmoins un produit comparable à celui obtenu par un procédé de traitement à sec.

Un nouvel appareil a été mis au point pour séparer les fibres d'amiante de la roche par voie humide. Il élimine les inconvénients des classeurs classiques et des lavoirs à secousses à faible pouvoir d'extraction et à capacité restreinte. Le nouvel équipement nécessite des quantités relativement faibles d'eau et possède une grande capacité par unité de surface. L'appareil a été mis à l'essai pour le traitement par lots d'une charge d'alimentation dont les morceaux avaient des dimensions inférieures à 1 1/4 po (0,5 cm). Il a une capacité de 3 t/h (0,75 kg/s) et il récupère plus de fibres que les méthodes à sec utilisées dans l'industrie.

Transport

Deux projets se rapportent au transport. L'objectif du premier est de mettre au point un rail complètement soudable et plus résistant à l'usure. Le second concerne l'évaluation de matériaux, particulièrement les aciers faiblement alliés à haute résistance (FAHR) et les alliages d'aluminium, qui conviendraient à la fabrication d'automobiles légères.

Matériel de transport

Les chemins de fer sont indispensables au transport en vrac des minéraux. Sur les lignes à trafic intense, le rail standard en acier au carbone se détériore rapidement dans les courbes de faible rayon. Le Canada ne dispose pas d'approvisionnements suffisants en rails convenables; les efforts concertés des deux seuls fabricants de rails du Canada, des deux principales sociétés ferroviaires, du Centre de recherche et de développement (CRD) de Transports Canada et du Comité consultatif des chemins de fer viseront donc à mettre au point un rail satisfaisant de nuance supérieure.

Figure 13. Appareil pour l'extraction et la récupération du cyanure contenu dans les effluents de laverie de minerais aurifères.

Jusqu'à maintenant, on n'a procédé qu'à des travaux préliminaires. Un chercheur a passé six mois au British Rail Research Laboratories, mais il s'agissait avant tout d'un exercice de familiarisation. On évalue actuellement les caractéristiques et les propriétés métallurgiques des rails de nuance supérieure actuellement sur le marché afin de fournir une base de données adéquate en vue des recherches futures. Une étude critique de la documentation relative au soudage des aciers à rail est en cours et on a décidé de concentrer les efforts de recherche sur les méthodes de soudure par étincelage.

Matériel pour les automobiles

Pour mieux économiser les carburants, les automobiles de l'avenir seront fabriquées à partir de matériaux plus légers. Conséquemment, on utilisera des aciers à haute résistance plus minces et, possiblement, plus d'aluminium dans la fabrication des automobiles. Cette éventualité soulève certains problèmes concernant l'emboutissage et la résistance de l'acier à la corrosion de même que les techniques de fabrication des tôles d'aluminium appropriées par des méthodes semblables à celles utilisées pour l'acier.

Les aciers FAHR ne sont pas aussi faciles à emboutir que les aciers à faible teneur en carbone dont l'usage est très répandu dans la fabrication des automobiles. Il est donc important de mettre au point des techniques d'emboutissage et de comprendre les limitations des aciers FAHR. Au cours de l'année dernière, les chercheurs de CANMET ont étudié deux aspects du problème: premièrement, ils ont fabriqué le matériel nécessaire à la réalisation des essais d'emboutissage permettant d'évaluer les limitations des tôles d'acier FAHR et, deuxièmement, ils ont tenté de

Figure 14. Pour déterminer la forgeabilité des tôles, on a recours à des épreuves de ductilité. Cette machine sert à mesurer l'aptitude au formage de tôles d'aluminium ou d'acier en vue de leur utilisation possible dans l'industrie de l'automobile.

déterminer s'il est possible de régler les programmes de laminage contrôlé utilisés en sidérurgie, en vue d'améliorer les techniques d'emboutissage des tôles d'acier.

Une étude a montré que l'utilisation éventuelle d'alliages d'aluminium dans la fabrication des automobiles pouvait entraîner des économies importantes d'énergie. Ces dernières proviendraient à la fois d'une moins grande consommation de carburant attribuable à la diminution du poids de l'automobile et d'une plus longue durée de vie de l'automobile due à une meilleure résistance des alliages d'aluminium à la corrosion atmosphérique. A partir de ces renseignements, on évalue la réaction de certains alliages d'aluminium à des programmes de laminage contrôlé du genre de ceux utilisés dans la fabrication des aciers FAHR. On a surtout évalué l'effet des divers programmes de laminage contrôlé sur les possibilités d'emboutissage des tôles d'aluminium. Afin de pouvoir fournir des quantités suffisantes de tôles aux fabricants d'automobiles, les sociétés productrices d'aluminium devront adopter des méthodes de fabrication en série semblables à celles des industries sidérurgiques.

Application de la loi canadienne sur les explosifs

Autorisation et mise à l'essai

En vertu de la Loi canadienne sur les explosifs, le personnel du Laboratoire canadien de recherche sur les explosifs effectue des essais d'homologation et donne des conseils techniques à l'inspecteur en chef des explosifs. En 1976, on a mis à l'essai environ 400 échantillons, et les comptes rendus portaient sur l'analyse chimique, les essais de frottement et la détermination des niveaux de sensibilité aux chocs mécaniques et à la chaleur. Parmi les échantillons soumis aux essais, on comptait des amorces pour pistolets d'enfant, des pièces pyrotechniques, des torches de secours pour automobilistes et des substances très explosives utilisées en génie civil et dans les mines.

CANMET est actif sur la scène internationale et un membre de son personnel préside l'Ammonium Nitrate and Ammonium Nitrate Mix Subcommittee. Les travaux se poursuivent en vue de l'établissement de normes internationales pour la classification des explosifs. Des experts de CANMET ont été appelés à témoigner dans des procès intentés pour des contraventions à la Loi sur les explosifs. Le ministère des Transports a aussi demandé l'avis de ces experts au sujet de l'écrasement d'un avion, possiblement causé par une bombe.

La recherche et le développement ont surtout trait aux bouillies explosives, à cause de l'accident de McMasterville en octobre 1975. Le premier but de ces travaux est la mise au point de normes de classification et de méthodes d'essai connexes. L'évaluation de l'essai suédois par "boulon et écrou" a permis d'inclure cette méthode parmi les méthodes de classement des bouillies selon leur sensibilité au détonateur. Par contre, l'essai aux projectiles de fusil actuellement utilisé pour les bouillies sensibles à l'impact a été jugé inadéquat, mais les essais utilisant les projectiles américains et suédois de calibre 0,50 constituent des essais de remplacement convenables. Par le passé, une série progressive de détonateurs de différentes forces servait à tester la sensibilité au choc des explosifs. Il faut réduire l'écart entre les diverses forces d'impact utilisées et on étudie à cet effet des mèches détonantes de différents poids, des épreuves de sensibilité à l'onde de choc et différents fils d'explosion. Tout en mettant au point de nouvelles méthodes d'essai, on élabore un modèle mathématique établissant une relation entre les propriétés physiques et chimiques des bouillies explosives d'une part, et les

mécanismes de déclenchement des explosions par choc, impact mécanique et impulsions de chaleur d'autre part.

L'Institut canadien des engrais et divers ministères du gouvernement fédéral ont adjugé un marché de recherche d'une durée de trois ans portant sur les dangers d'explosion et d'incendie du nitrate d'ammonium.

Information sur les minéraux et l'énergie

CANMET diffuse, surtout par l'intermédiaire de son programme d'information, les résultats de ses travaux de R-D sur l'exploitation minière, le traitement des minéraux, la métallurgie et l'énergie, ainsi que les données obtenues des divers organismes avec lesquels il entretient depuis longtemps des contacts, à titre de principal organe de développement technologique du gouvernement fédéral.

Ce programme contribue à la réalisation des objectifs de la Direction en permettant de:

a) communiquer aux entreprises, aux universités et aux organismes provinciaux les résultats des travaux de recherche et de développement des chercheurs de CANMET;
b) conseiller et transmettre des données aux autres bureaux du Ministère; et
c) fournir des services de renseignements au personnel de recherche de la Direction ainsi qu'à tous les scientifiques des entreprises, des universités et des gouvernements, en vue de la mise en œuvre d'un réseau national de renseignements scientifiques et techniques.

Les efforts des chercheurs en vue de transmettre des informations techniques sont mentionnés explicitement ou implicitement ailleurs dans le présent rapport. La section suivante résume brièvement les nouvelles orientations et les réalisations attribuables surtout à la Division de l'information technologique.

Diffusion de l'information technologique

Parmi les progrès importants réalisés cette année, on a réussi à développer, en taille et en portée, la Section des renseignements techniques. On compte maintenant, parmi le personnel, des spécialistes de l'information technologique en matière d'énergie, d'exploitation minière, de métallurgie et de traitement des minéraux. Les efforts avaient surtout pour but d'établir des liens entre les chercheurs de CANMET et les clients de l'industrie que la Division a pour mission de servir. Pour réaliser les premières étapes du programme destiné à informer les Canadiens des nombreux renseignements que CANMET peut leur fournir, on a organisé des campagnes par la poste, publié des avis dans les journaux, participé à des expositions, donné des démonstrations et entretenu des contacts personnels. On a répondu à plus de 600 demandes de renseignements techniques, dont bon nombre nécessitaient des études approfondies de la documentation et les chercheurs du Centre ont répondu à plus d'un millier de demandes d'avis et de consultation de vive voix, par téléphone ou par la poste.

Les spécialistes de l'information ont maintenant un accès direct et courant à environ 40 grands fichiers mécanisés pour répondre aux demandes de renseignements techniques. Le fichier METADEX de l'American Society for Metals, le fichier COMPENDEX, version en langage-machine de l'Engineering Index et les fichiers produits par le Problem Energy Research and Development Administration des États-Unis et par l'American Petroleum Institute ont une importance particulière. Les fichiers de CANMET développés pendant plusieurs années, les documents de la Bibliothèque et les connaissances du personnel de recherches de CANMET servent à parfaire ces sources. Un autre service de mise à jour des connaissances est offert en collaboration avec le système national de dissémination sélective de l'information (CAN/SDI) du Conseil national de recherches du Canada.

Le Service d'information en matière d'énergie donne des renseignements sur le pétrole et le gaz naturel classiques, le pétrole extrait des sables bitumineux, les pétroles lourds, le charbon et la tourbe. Ce service repose en grande partie sur plusieurs données de base essentielles, disponibles directement de l'ordinateur de la Division. Le personnel a également accès à tous les rapports préparés par l'Energy Research and Development Administration des États-Unis traitant d'énergie non nucléaire, et à une collection de plus en plus riche de revues techniques, de monographies et de comptes rendus en provenance du monde entier.

Cette année, une sous-section de la Section des renseignements techniques, comprenant des spécialistes et du personnel de soutien, a été créée afin d'aider le Ministère à remplir les obligations qu'entraînent sa participation aux travaux de l'Agence internationale de l'énergie sur le charbon, entre autres le Service d'information technique en matière de charbon et la Bourse d'information technologique minière.

Le personnel de cette sous-section a rempli un questionnaire concernant la R-D au Canada en matière de creusement mécanique des galeries, plans inclinés et puits pour la Bourse d'information technologique minière, et il présente régulièrement au Service d'information technique en matière de charbon des résumés de la documentation canadienne, australienne et sud-africaine dans ce domaine. Les agents d'information répondent également aux questions techniques des employés de CANMET ou des personnes de l'extérieur sur le charbon.

Plus de 2 500 résumés ont été ajoutés au fichier central concernant l'information

technologique sur l'exploitation minière, il s'agit d'un fichier bibliographique mécanisé exploité par CANMET. Ce fichier, créé en 1968, renferme maintenant environ 15 000 résumés traitant de tous les aspects de l'exploitation minière allant de la découverte du gisement au traitement des minéraux métalliques et non métalliques, des matériaux de construction et des combustibles solides. En plus de monter des fichiers, le personnel de la sous-section d'information technologique sur l'exploitation a répondu à environ 400 demandes de renseignements et rédigé un certain nombre de résumés techniques et statistiques sur divers aspects de l'exploitation minière au Canada.

Les services d'information sur la métallurgie existent depuis mai 1975 alors qu'un agent d'information à temps plein a été prêté par les laboratoires de la métallurgie physique pour diriger un service de mise à jour des connaissances du CAN/SDI à l'intention des métallurgistes, basé sur les bandes METADEX de l'American Society for Metals. Actuellement, l'agent d'information coordonne aussi les services du CAN/SDI pour la Division dans les autres domaines et répond à des questions techniques en métallurgie, grâce aux fichiers mécanisés et traditionnels auxquels il a accès.

Le Service d'information sur le traitement des minéraux, qui faisait initialement partie de l'ancienne Division de la métallurgie extractive il y a de nombreuses années, s'appuie actuellement sur un fichier de CANMET dont les articles sont indexés et repérés grâce à un numéro de code. Le fichier renferme près de 10 000 entrées. Dans un effort visant à donner plus d'importance à ce service, on a nommé un agent d'information et un rédacteur de résumés. Ce dernier rédige des résumés de comptes rendus choisis dans la documentation écrite à travers le monde sur le traitement des minéraux. Ces résumés représentent la première contribution du Service au développement du fichier de référence mécanisé.

Le spécialiste des langues slaves de la Division effectue des études d'arrière-plan de la documentation technique en provenance de l'URSS et de la Pologne et aide les représentants du Ministère dans leurs échanges avec ces pays. Il travaille aussi à la traduction et à la diffusion des tables de matières des revues russes pour tenir le personnel du Ministère au courant des derniers progrès réalisés en URSS dans les domaines se rapportant aux minéraux et à l'énergie.

La Division fournit un service de référence pour faire en sorte que ses clients entrent en contact avec la meilleure source d'information et le plus rapidement possible. Depuis 1973, la Division participe aussi à un service structuré de référence appelé "ASK", que le Conseil national de recherches du Canada a organisé en tant que programme-pilote dans la région industrielle de Toronto–Hamilton, pour vérifier les besoins en information technique d'une collectivité. Les données de base du service ASK contiennent un profil détaillé de toutes les compétences de CANMET; la Section des renseignements techniques reçoit donc constamment des questions de ce service.

Services de bibliothèque

La bibliothèque de CANMET renferme plus de 100 000 ouvrages, elle constitue la meilleure collection au Canada en matière d'exploitation minière et de traitement des minéraux. Pour assumer les responsabilités qui découlent implicitement de cette situation, elle a participé activement au cours des dernières années, au réseau de prêt national entre bibliothèques. Cette participation comprend le développement d'une collection coordonnée et d'autres activités en coopération avec l'Institut canadien de l'information scientifique et technique du Conseil national de recherches du Canada et avec d'autres centres d'information. La bibliothèque gère également des bibliothèques satellites aux Laboratoires de la métallurgie physique et dans d'autres laboratoires de CANMET à Elliot Lake, Edmonton et Calgary.

La collection s'est accrue de plus de 6 000 ouvrages et totalise maintenant 35 000 livres, 85 000 numéros de périodiques et plus de 15 000 comptes rendus techniques, soit un total supérieur à 135 000 ouvrages. La collection de films et de microfiches a aussi augmenté considérablement, surtout avec l'addition des quelques 12 000 comptes rendus sur microfiches de l'ERDA.

Par le passé, la politique d'acquisition de la bibliothèque reposait en grande partie sur les recommandations du personnel de CANMET. Cette année, afin de monter la bibliothèque de façon plus systématique, cette politique a été complétée par une acquisition basée sur un profil d'intérêt; cette tactique aide à prendre connaissance des nouvelles publications. Des accords spéciaux conclus avec un important grossiste en librairie ont permis d'acquérir rapidement tous les documents pertinents.

En 1976-77, la bibliothèque a prêté 61 432 livres, périodiques, etc. au personnel de CANMET et 4 474 ouvrages à d'autres bibliothèques. Elle a emprunté 2 226 ouvrages au nom des chercheurs de CANMET, la plupart de ces ouvrages traitant de disciplines connexes aux principaux centres d'intérêt de CANMET. En plus, le personnel de la bibliothèque a répondu à 882 demandes de référence importantes.

Services de publication

La Section des publications de la Division de l'information technologique, en collaboration avec les rédacteurs des laboratoires et le personnel de soutien, est chargée de la production technique et de la diffusion des résultats des études des scientifiques de CANMET. Ses principales activités comportent la révision de la précision technique et du caractère littéraire des comptes rendus de CANMET,

l'impression et le traitement matériel et la diffusion de tous les comptes rendus, la traduction dans les deux langues officielles et l'entretien des fichiers de photographies et de diapositives pour fins d'illustration.

Cette année, un matériel programmable de traitement des mots a été adopté pour accélérer la production et réduire les coûts et les besoins en main-d'œuvre. D'abord utilisé pour obtenir le manuel se rapportant au Projet d'étude des pentes, l'utilisation de ce matériel augmentera progressivement à mesure que les ressources le permettront, en vue de la production de tous les comptes rendus préparés par le personnel de CANMET.

L'an dernier, CANMET a publié deux séries de comptes rendus principaux à l'intention du public. Cette année, ces deux séries ont été fondues en une seule appelée Comptes rendus de CANMET qui est vendue au public par le ministère des Approvisionnements et Services et dans les établissements de distribution de CANMET. Le personnel du Centre a rédigé, au cours de l'année, plus de 900 nouveaux comptes rendus et mémoires répartis de la façon suivante:

Comptes rendus de CANMET	50
Contributions et exposés pour des revues	180
Non classifiés, distribution externe restreinte	381
Non classifiés, distribution interne	145
Confidentiels	161
Total	917

En outre, 115 comptes rendus qui avaient d'abord été classés confidentiels ont été déclassifiés et versés au fichier public de la bibliothèque de CANMET.

Division des services techniques

En 1976, la Division des services techniques a continué de fournir un service de soutien technique aux divers laboratoires de R-D et aux usines-pilotes pour les projets mis sur pied dans le cadre des programmes de recherche énergétique et minérale. La Division a mis au point et fabriqué plusieurs éléments de prototypes de matériels; elle a aménagé des installations mécaniques et électriques à grande échelle destinées à la R-D sur la combustion et le traitement du pétrole, des minéraux et des métaux; elle a enfin contribué à l'exploitation et à l'entretien courant d'usines, de matériels, de véhicules et de services publics.

Le système de comptabilité de la Division a vaqué à 2 435 travaux et a fourni 82 831 heures directes de travail. Le rapport des heures directes aux heures indirectes était de 1 à 0,90 et le travail total était réparti entre les laboratoires de CANMET de la façon suivante: LMP, 45 %; LSM, 21 %; LRE, 21 %; LRM, 3 %; et administration et services, 4 %. Le reste, soit 6 %, est allé aux autres directions et divisions du Ministère et à des travaux autorisés à l'extérieur du Ministère. La production de la Division a servi dans une proportion d'environ 46 % au Programme de recherche minérale et de 40 % au Programme de recherche énergétique.

Encore une fois, les coûts de l'énergie et des services publics ont représenté une part importante des dépenses totales encourues pour fournir un soutien technique et d'autres services opérationnels efficaces. Par exemple, en 1976 la consommation d'énergie électrique a été de 11,049 MWh, avec un facteur de charge moyen de 48,2 %. Les puissances appelées maxima ont été de 1 804 kW au complexe de la rue Booth et de 1 261 kW à celui de Bells Corners. Les services publics d'électricité ont facturé CANMET pour une valeur totale de $214 777. En fait, la consommation totale d'électricité a baissé de 18 % par rapport à 1975, surpassant ainsi de beaucoup les 10 % d'économies exigés par le Bureau de la conservation de l'énergie.

Quelques exemples des travaux de mise au point d'équipements de laboratoire et d'usine-pilote sont donnés dans les sections suivantes du rapport. Certains de ces équipements nécessitent la conception et la fabrication de dispositifs spéciaux de contrôle électrique et d'alimentation. Les systèmes qui seront conçus et fabriqués auront un rendement de 100 lb/h (45,4 kg/h), et pour répondre à certaines charges additionnelles, on installera sur place d'autres équipements et circuits de distribution d'énergie.

Appareil à agglomérer à chaud

Il y a quelque temps, un ingénieur-conseil de l'extérieur a mené une étude-pilote dans le cadre de l'Opération coke moulé pour déterminer la faisabilité et les paramètres de conception d'un dispositif à agglomérer à chaud. Les résultats ont été publiés et ont servi de base à la fabrication d'un appareil à l'échelle de l'atelier de démonstration.

Cet appareil a été étudié et construit dans l'atelier des modèles de la Division. Il comprend des vis spéciales en feuillard sans fin d'alimentation qui amènent le charbon et le produit de carbonisation provenant de trémies préchauffées séparées dans un mélangeur-alimentateur à vis jumelées en feuillard. Le mélangeur-alimentateur approvisionne directement la presse à agglomérer à raison de 100 lb/h (45,4 kg/h). Le dispositif a été entièrement fabriqué en acier inoxydable car les températures du charbon et du produit de carbonisation peuvent atteindre 750°F. La longueur de la vis du mélangeur-alimentateur est d'environ trois pieds et des mesures ont été prises pour tenir compte de la dilatation due à la température. Les coussinets des vis d'alimentation sont en graphite et sont retenus dans des carters de refroidisseur d'eau. Chaque vis d'alimentation est munie d'une commande séparée à vitesse variable, ce qui procure une certaine souplesse de fonctionnement. Il a fallu un apport

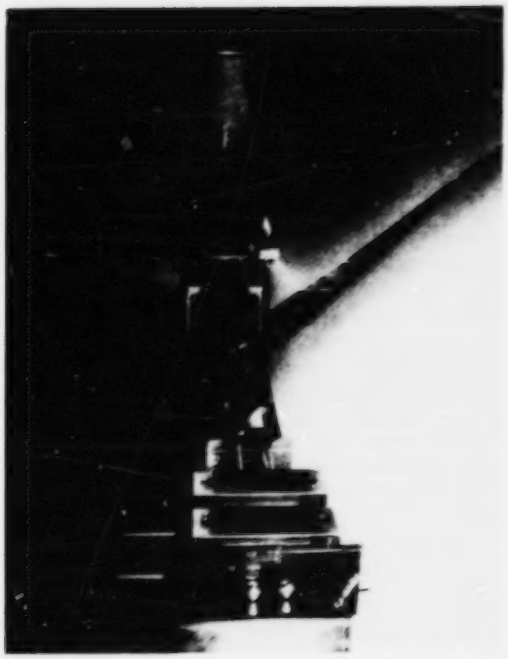

Figure 15. Mélangeur-alimentateur à vis jumelées de l'appareil d'agglomération à chaud étudié et construit dans un atelier de CANMET.

important d'électricité pour actionner les divers moteurs d'entraînement et chauffer les radiateurs électriques entourant les trémies et le four du mélangeur-alimentateur. CANMET a également fourni les instruments pour contrôler et régulariser les radiateurs et le four afin d'obtenir les conditions spécifiques de fonctionnement.

Matrice d'essai de forgeabilité des métaux

Le LPM a conçu un appareil d'épreuve de ductilité à coupe hémisphérique de 100 tonnes dont les éléments ont été fabriqués par la Division, afin d'étudier la forgeabilité des tôles en acier à haute résistance ou en alliage d'aluminium. Les principales parties de cet équipement sont la presse hydraulique de 100 tonnes, la coupe-hémisphérique proprement dite, la monture d'estampe à guidage à colonnes et une presse secondaire pour fixer la tôle. Sa conception a nécessité la modification des tables de la presse de façon qu'elles puissent s'accommoder de la presse de 100 tonnes. En outre, le système hydraulique de la presse a été modifié afin de pouvoir varier la vitesse de la mâchoire.

Pour effectuer l'essai, on applique une charge à travers la coupe hémisphérique sur une tôle d'essai fixée dans la monture d'estampe à guidage à colonnes par la presse secondaire. On continue de déformer la tôle jusqu'à la limite de rupture. On relâche ensuite la pression de serrage, on ouvre la monture d'estampe à guidage à colonnes et on enlève la tôle d'essai. On évalue la forgeabilité en mesurant la déformation locale d'une grille circulaire gravée sur la tôle d'essai avant l'opération.

Dispositif d'entraînement de l'épaississeur

On a modifié le dispositif d'entraînement de l'épaississeur de résidus destiné à l'usine-pilote d'hydrométallurgie. L'ensemble complet d'entraînement et de brassage est monté sur les pièces de la structure, dite "araignée", qui couvre toute la cuve. Le dispositif a un diamètre de 96 po (244 cm) et une profondeur de 84 po (213 cm). Il comprend un seul ensemble de brassage, formé d'un arbre vertical et de palettes, conçu pour tourner à raison de trois tours par minute. Pendant le brassage, la pâte peut devenir trop épaisse et empêcher ainsi la roue à palettes de tourner. Dans ce cas, on peut utiliser le dispositif manuel de rentrage situé au sommet de la palette.

Le dispositif d'entraînement de la palette est constitué d'un moteur quadripolaire de 0,75 ch (0,56 km) entraînant, par un accouplement à bride, un réducteur de vitesse de rapport deux à un, dont l'arbre de sortie porte un pignon. Ce pignon entraîne un engrenage de grand diamètre claveté sur le coussinet de l'arbre de la palette de façon à rendre possible le rentrage longitudinal.

Autres exemples de construction

Un échangeur de chaleur de chaudière gaz-gaz a été installé au Laboratoire de recherche sur la combustion; il contient 72 tubes de 2 po (5 cm) de diamètre et de 84 po (213 cm) de longueur. Cet appareil mesure en tout 72 po de largeur, 30 po de profondeur et 144 po de hauteur (183 x 76 x 366 cm). Lors de la conception de cet appareil, on a tenu compte des changements dans les dimensions résultant de la dilatation et de la contraction des tubes. On a installé une rallonge à la chambre de combustion du four-tunnel à flamme situé dans le même laboratoire. Les dimensions hors tout de ce dispositif sont de 48 po (122 cm) de diamètre et de 41 po (104 cm) de longueur. Une courte section à l'arrière de la rallonge est refroidie à l'eau, car il a fallu réduire l'épaisseur du garnissage réfractaire dans cette zone pour permettre l'installation d'autres services.

La Division des services techniques a établi les spécifications et installé un générateur d'air comprimé de fonctionnement sûr dans une usine-pilote de traitement du pétrole et au Laboratoire de recherche sur la combustion. Il s'agit d'un ensemble refroidi à l'eau et comprenant un compresseur à air et un avant creuset réfrigérant intermédiaire muni de dispositifs de commande sûrs. L'équipement fonctionne à basse vitesse, il est peu bruyant et sa capacité est de 106 pi^3/min (3 m^3/min) à une pression manométrique de 100 lb force/po^2 (7 x 104 kg/m); il est entraîné par un moteur de 25 ch (18,6 kW).

Appendice A
Personnel professionnel de CANMET

Nom	Diplômes	Titre ou catégorie
D.F. Coates	B.Eng., M.Eng., Ph.D. (McGill), B.A., M.A. (Oxford)	Directeur général
V.A. Haw	B.S., M.S. (Queen's)	Directeur général adjoint

BUREAU DES PROGRAMMES DE RECHERCHE

W.A. Gow	B.A. Sc. (Toronto), P.Eng.	Directeur du PRM
D.A. Reeve	B.Sc., Ph.D. (Birmingham)	Directeur du PRE
L.L. Sirois	B.A., B.Eng., M.Eng. (McGill), P.Eng.	Chef intérimaire, PRM
D.G.F. Hedley	B.Sc., Ph.D. (Newcastle), P.Eng.	Chef intérimaire, PRM
D.W.G. White	M.Sc., D.Sc. (M.I.T.)	Chef intérimaire, PRM
G.S. Bartlett	B.Sc., B.A. (Memorial)	Économiste
R. Sage	B.Sc. (Angl.), M.A. Sc. (Ottawa)	Ingénieur
E.D. Dainty	B.Sc., M.Sc. (Toronto), P.Eng.	Chef intérimaire, PRE
D.K. Faurschou	B.A. Sc. (Toronto)	Chef intérimaire, PRE
E. Smith	M.A., Ph.D. (Cambridge)	Chef intérimaire, PRE

DIVISION DE L'INFORMATION TECHNOLOGIQUE

J.E. Kanasy	B.Sc., B.A. (Windsor), M.A. (Michigan), Ph.D. (Pittsburgh)	Chef

BIBLIOTHÈQUE

G. Peckham	B.A., B.L.S. (McGill)	Chef
J. Ho	B.A., B.L.S. (Ottawa)	Bibliothécaire
A. Hobson	B.A., B.L.S. (Toronto)	Bibliothécaire
K. Nagy	B.A., B.L.S. (McGill)	Bibliothécaire

RENSEIGNEMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

A.S. Romaniuk	B.Sc. (Queen's), P.Eng.	Physicien
G.M. Blondeau	B.A. (Queen's), M.A. (Guelph)	Réd. de résumés, expl. minière
C.F. Dixon	B.Eng. (N.S. Tech.), P.Eng.	Physicien
A.L. Job	A.C.S.M. (Eng.), C.Eng.	Physicien
C. Lafkas	B.Eng. (McGill), M.Sc. (Queen's)	Physicien
B.E. Lawton	B.Sc. (Queen's), P.Eng.	Physicien
R.J.C. MacDonald	B.Sc. (St. Francis Xavier)	Physicien
T.J. Patel	B.Sc. (Oregon State), M.Sc. (Washington State)	Réd. de rés., traitement des minéraux
I. Slowikowski	M.A. (Ottawa), D.D.S. (Beyrouth)	Spéc. des langues slaves
G.W. Taylor	B.Sc. (Queen's)	Physicien

PUBLICATIONS

C. Mamen	B.Eng. (McGill), Ing. (Québec)	Physicien
L. Carreau	B.A. (Ottawa)	Technologue spéc. de lang. franç.

DIVISION DES SERVICES TECHNIQUES

E.K. Swimmings	B.Sc. (Queen's), P.Eng.	Chef
D.M. Norman	M.I. Mech. Eng. (R.-U.)	Ingénieur

LABORATOIRES DE RECHERCHE SUR L'ÉNERGIE

B.I. Parsons	B. Sc., Ph.D., D. Phil. (Oxford)	Chef

GROUPE DU GÉNIE, DE LA CONCEPTION ET DE LA CONSTRUCTION

R.E. Carson .....B.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Ingénieur
L.P. Mysak .....B.A.Sc. (Ottawa), P.Eng. .....Ingénieur

ÉTUDES SPÉCIALES

B.J.P. Whalley .....B.Sc., Ph.D. (McGill) .....Rech. scient.
I. Lau .....M.A.Sc. (Ottawa) .....Ingénieur
D. Desai .....M.A.Sc. (Ottawa) .....Ingénieur
J. Beshai .....B.Sc. (McMaster) .....Soutien techn.

LABORATOIRE CANADIEN DE RECHERCHE SUR LES COMBUSTIBLES SYNTHÉTIQUES

W.H. Merrill .....B.A.Sc. (Ottawa), P.Eng. .....Directeur

Pétrole, technique de la combustion

J.M. Denis .....B.A.Sc. (Ottawa), P.Eng. .....Rech. scient.
B.B. Pruden .....B.Eng. (Sask.), M.A.Sc. (UBC), Ph.D. (McGill), P.Eng. Rech. scient.
R. Ranganathan .....B.E., M.E. (Inde), Ph.D. (Sask.) .....Rech. scient.
R.B. Logie .....B.Sc. (UNB) .....Rech. scient.
C.P. Khulbe .....B.Sc., M.Sc. (Inde), M.A.Sc., Ph.D. (Ottawa) .....Rech. scient.
A.M. Shah .....B.Sc. (Inde), B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. (Ottawa) .....Rech. scient.
K. Belinko .....B.Sc., Ph.D. (Carleton) .....Rech. scient.

Recherche sur la catalyse

M. Ternan .....B.A.Sc. (UBC), Ph.D. (McGill), P.Eng. .....Rech. scient.
A.H. Hardin .....B.Sc. (UBC), Ph.D. (UBC) .....Rech. scient.
J.F. Kriz .....Ing. dipl.-Ing. méc. (Prague), Ph.D. (Dalhousie), P.Eng. Rech. scient.
J.F. Kelly .....B.Eng. (McGill), Ph.D. (McGill), P.Eng. .....Rech. scient.
L.E. Galbraith .....B.A. (Carleton) .....Soutien techn.
J.B. Aarts .....B.Sc., M.Sc. (Eindhoven), Ph.D. (UNB) .....Soutien techn.

Recherche sur les matières bitumineuses

H. Sawatzky .....B.S.A., M.S.A., Ph.D. (Toronto) .....Rech. scient.
A. George .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Le Caire) .....Rech. scient.
S.M. Ahmed .....B.Sc., M.Sc. (Inde) .....Chimiste
R.C. Banerjee .....B.Sc., M.Sc., D. Phil. (Inde) .....Chimiste
B. Nunn .....B.Sc. (Carleton) .....Soutien techn.

Laboratoire du pétrole et du gaz

R. Draper* .....B.Sc. (Saskatchewan) .....Chimiste
E. Furimsky .....Ing. dipl. (Prague), Ph.D. (Ottawa).....Chimiste
D.M. Clugston .....B.Sc., Ph.D. (McMaster) .....Chimiste
A. Yates .....B.Sc. (Manitoba) .....Chimiste
R.E. Gill .....B.Sc. (St. Francis Xavier) .....Chimiste

LABORATOIRE CANADIEN DE RECHERCHE SUR LA COMBUSTION

E.R. Mitchell** .....B.Sc. (Queen's), P.Eng., C.Eng. .....Directeur
G.K. Lee .....B.Sc., M.Sc. (Queen's), P.Eng., C.Eng. .....Rech. scient.
F.D. Friedrich .....B.Sc. (Sask.), M.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Rech. scient.
T.D. Brown .....B.Sc. (Durham), Ph.D. (Sheffield), C.Eng. .....Rech. scient.
H. Whaley .....B.Sc., Ph.D. (Sheffield), P.Eng., C.Eng. .....Rech. scient.
A.C.S. Hayden .....B.Eng., M.Eng. (Carleton), P.Eng. .....Rech. scient.
T.J. Cyr .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (UBC) .....Chimiste
S.I. Steindl .....Ing. dipl. (Budapest), M.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Ingénieur
R.G. Fouhse .....B.Sc. (Sask.), P.Eng. .....Ingénieur
R.W. Braaten .....B.Sc. (Carleton) .....Soutien techn.
G.D. Sergeant .....B.Sc., Ph.D. (Cardiff) .....Scientifique invité

**Retraité depuis le 30 déc. 1976*
***Décédé le 18 mars 1977*

LABORATOIRE DE RESSOURCE ET DU TRAITEMENT DES CHARBONS

J.C. Botham .....B.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Rech. scient.
T.A. Lloyd .....B.Sc. (Carleton) .....Physicien
J.G. Jorgensen .....B.Sc. (Carleton) .....Physicien
W.R. Leeder .....B.Sc. Ph.D. (UBC) .....Rech. scient.
W. Gardiner .....C. Chem., E.Eng. (R.-U.) .....Soutien techn.
A.B. Fung .....B.Sc., Eng. (Waterloo) .....Ingénieur
R. Zrobock .....B.Sc. (Alberta) .....Soutien techn.
T.E. Tibbetts .....B.Sc., B.Ed. (Dalhousie) .....Rech. scient.
B.N. Nandi .....B.Sc., M.Sc. (Calcutta), D.Eng. (Karlsruhe) .....Rech. scient.
L. Ciavaglia .....B.Eng. (Carleton) .....Physicien
J.R. Donaldson .....B.A. (Acadia) .....Physicien
W.J. Montgomery .....B.S.A. (Toronto) .....Physicien
J.Z. Skulski .....Ing. chim. (Pologne) .....Chimiste
J.F. Gransden .....B.Sc. (London), A.R.S.M., Ph.D. (UWO) .....Rech. scient.
J.T. Price .....B.Sc., M.Sc. (Calgary), Ph.D. (UWO) .....Rech. scient.
K. Belinko .....B.Sc., Ph.D. (Carleton) .....Rech. scient.
R.H. Lomas .....B.Sc. (Queen's) .....Soutien techn.
L.C.G. Janke .....B.Sc. (Wilfrid Laurier), B.Ed. (Queen's) .....Soutien techn.

LABORATOIRE DE LA PYROMÉTALLURGIE

G.E. Viens .....B.A. (McMaster) .....Rech. scient.
R.A. Campbell .....B.Sc., M.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
G.N. Banks .....B.A. (UBC) .....Rech. scient.
G.V. Sirianni .....B.Sc. (Ottawa) .....Rech. scient.
E.W. Montgomery .....B.Eng. (McGill), P.Eng. .....Rech. scient.

LABORATOIRE DE RECHERCHE DE LA RÉGION DE L'OUEST (EDMONTON)

J. Visman .....M.I.Dr. T.W. (Delft), P.Eng. .....Directeur
H.A. Hamza .....B.Sc. (Le Caire), Ph.D. (Newcastle-on-Tyne) .....Rech. scient.
M.W. Mikhail .....B.Sc. (Assiut), M.Sc. (Alberta), P.Eng. .....Ingénieur
J.L. Picard .....B.Sc. (Alberta) .....Physicien
C.F. Rozenhart .....Chem. Eng. (Heerlen MTS) .....Soutien techn.
A. Mo .....B.Sc. (Alberta) .....Soutien techn.
G. Potter .....B.Sc. (McMaster) .....Soutien techn.
R. Santos .....B.Sc. (Mapua Inst. Tech.) .....Soutien techn.

LABORATOIRES DE RECHERCHE MINIÈRE

T.S. Cochrane .....B.A.Sc., M.Sc. (Washington), P.Eng. .....Chef
W.M. Gray .....B.A., M.A., Ph.D. (Toronto) .....Conseiller supér. rech. scient.
F.L. Casey .....B.Sc. (Queen's) .....Ingénieur

LABORATOIRE DE LA MÉCANIQUE DES ROCHES

G.E. Larocque .....B.Sc. (Carleton) .....Rech. scient.
A. Boyer .....B.Sc. (Montréal) .....Physicien
A. Fustos .....B.S.F./F.E., B.Sc. (UBC), P.Eng. .....Ingénieur
L. Geller .....Ing. méc. dipl. (Budapest), B.Sc. (Eng.) (Angleterre), M.A.Sc. (Toronto) .....Physicien
M. Gyenge .....Ing. dipl. (Budapest), P.Eng. .....Rech. scient.
R.L. Sabourin .....B.Sc., Ing. méc. (École polytechnique), P.Eng. .....Ingénieur
N.A. Toews .....B.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
J. Tomica .....B.Sc., M.Sc., Dipl. techn. d'explor., M.Sc., VSCHT (Tchécoslovaquie), M.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Ingénieur
Y.S. Yu .....B.Sc., M.Eng. (McGill) .....Rech. scient.
D.F. Walsh .....B.Sc. (St-Jean, Terre-Neuve) .....Physicien
R.J.R. Welwood .....B.Sc. (Queen's) .....Physicien
A.S. Wong .....B.Sc. (T'ai-Wan), M.Sc. (Ottawa) .....Physicien

LABORATOIRE D'ELLIOT LAKE

G. Zahary .....B.Sc., M.Eng. (McGill), P.Eng. .....Rech. scient.
G. Allen .....M.A.Sc., M.Eng. (South Dakota) .....Ingénieur
K.K. Cheng .....B.Sc., M.Eng. (T'ai-Wan) .....Ingénieur
V. deKorompay .....Ing. des mines (Hongrie) .....Physicien
M. Gangal .....B.Sc. (Inde), M.Sc., (Inde & McGill), Ph.D. (Calgary)Rech. scient.
D.G.F. Hedley .....B.Sc., Ph.D. (Newcastle), P.Eng. .....Rech. scient.
G. Herget .....Dipl. géol., Ph.D. (Munich), P.Eng. .....Rech. scient.
B. Kirk .....B.Sc. (Waterloo) .....Physicien
G. Knight .....B.Sc. (Birbeck, London) .....Rech. scient.
P.C. Miles .....B.Sc. (Windsor) .....Ingénieur
D. Moffett .....B.A. (Dublin), Ph.D. (Ottawa) .....Rech. scient.
D.R. Murray .....B.A.Sc. (McDonald College) .....Physicien
R.G.L. McCready .....B.Sc., M.Sc. (Alberta), Ph.D. (Calgary) .....Physicien
M. Savich .....Ing. des mines (Yougoslavie), B.Eng., M.Eng. (McGill)Rech. scient.
R.O. Tervo .....B.A.Sc. (Toronto), Ph.D. (Bradford) P.Eng. .....Rech. scient.
R.A. Washington .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McGill) .....Rech. scient.
G. Just .....B.E., Ph.D. (Queensland) .....Boursier postdoctoral

LABORATOIRE CANADIEN DE RECHERCHE SUR LES EXPLOSIFS

J.A. Darling .....B.A. (Queen's) .....Rech. scient.
E. Constestabile .....B.Sc. (Carleton) .....Physicien
K.K. Feng .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Iowa) .....Rech. scient.
R.R. Vandebeek .....B.Sc., M.Sc. (Carleton) .....Chimiste
C.A. Vary .....B.Sc. (Ottawa) .....Agent techn.

BUREAU DE L'OUEST (CALGARY)

K. Barron .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (London) .....Rech. scient.
W. Baxter .....B.Sc. (Calgary) .....Physicien
H.U. Bielenstein .....B.Sc., M.Sc. (Alberta), Ph.D. (Queen's) .....Rech. scient.
R.N. Chakravorty .....B.Che., (Inde), Ph.D. (Nottingham) .....Rech. scient.
M.Y. Fisekci .....Dipl. Eng., M.Eng., Ph.D. (Sheffield) .....Rech. scient.
F. Grant .....B.Sc. (Alberta), P.Eng. .....Rech. scient.
J.B. Livesey .....B.Sc., Ph.D. (Cardiff) .....Rech. scient.
D. Mikalson .....B.Sc., M.Eng. (Alberta) .....Ingénieur
V. Srajer .....M.A.Sc. (Tchécoslovaquie) .....Ingénieur

LABORATOIRE CANADIEN DE RECHERCHE SUR LES ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES

J.A. Bossert .....B.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
G. Lobay .....B.Sc. (Manitoba) .....Ingénieur
P. Mogan .....B.A.Sc. (Toronto), P.Eng. .....Rech. scient.
N. Sarin .....Dipl. (Mech. & Auto Eng.) (Angleterre),
B.A.Sc. (Waterloo) .....Ingénieur
S. Silver .....B.Sc. (Manitoba) .....Rech. scient.
D.B. Stewart .....B.Sc., M.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.

LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES

R.L. Cunningham .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McGill) .....Chef
J.C. Ingles .....B.A. (Western Ontario) .....Chef adjoint

LABORATOIRE CHIMIQUE

R.G. Sabourin .....B.Sc. (Ottawa) .....Directeur
C.H. McMaster .....B.Sc., M.Sc. (Queen's) .....Directeur adjoint
G.H. Faye .....B.A. (Saskatchewan) .....Directeur adjoint

Métaux et alliages

J.F. Fydell .....B.A.Sc. (Toronto) .....Chimiste
E.H. MacEachern .....B.Sc. (Mt. Allison) .....Chimiste
A.L. Letendre .....B.Sc. (Sherbrooke) .....Chimiste

Minerais et analyse pyrognostique

J.C. Hole .....B.A. (Toronto) .....Chimiste
R.R. Craig .....B.Sc. (Glasgow) .....Chimiste

Chimie des solutions

R.J. Guest .....B.Sc. (Acadia) .....Rech. scient.
G.A. Hunt .....B.Sc. (Carleton) .....Chimiste
D.J. Barkley .....B.Sc. (Carleton) .....Chimiste
J.E. Atkinson .....B.A. (Queen's) .....Chimiste
A.D. King .....B.Sc. (UBC) .....Chimiste

Spectrochimie

G.L. Mason .....A. Metallurgy (Sheffield) .....Chimiste
J.L. Dalton .....B.S., M.Eng. (Carleton) .....Chimiste
C.W. Smith .....M.Sc., Ph.D. (Queen's) .....Chimiste
T.R. Churchill .....B.Sc. (Western Ontario) .....Physicien

Analyse spéciale

A. Hitchen .....B.Sc. (McMaster) .....Chimiste
B. Nebesar .....M.Sc. (McGill) .....Rech. scient.
V.H. Rolko .....B.Sc. (Manitoba) .....Chimiste

Projets spéciaux

D.J. Charette .....B.Sc. (Ottawa) .....Chimiste
E.M. Donaldson .....B.Sc. (Manitoba) .....Rech. scient.
E. Mark .....B.A. (Toronto) .....Chimiste
H.F. Steger .....B.Sc., Ph.D. (McMaster) .....Rech. scient.

LABORATOIRE DU TRAITEMENT DES MINÉRAUX

M.C. Campbell .....B.Sc. (St. F.X.), B.E. (N.S.T.C.) D.I.C.,
M.Sc. (London) .....Directeur

Métallurgie hydraulique

G.M. Ritcey .....B.Sc. (Dalhousie) .....Rech. scient.
B.H. Lucas .....B.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Rech. scient.
H.W. Parsons .....B.Sc. (Alberta) .....Rech. scient.
V.M. McNamara .....B.Sc., B.Eng., M.A.Sc. (Toronto), P.Eng. .....Rech. scient.
A.J. Gilmore .....B.Sc. (Manitoba) .....Rech. scient.
H.H. McCreedy .....B.Sc., M.Sc. (Alberta), P.Eng. .....Rech. scient.
J.M. Skeaff .....B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. (Toronto) .....Rech. scient.
N. St. Martin .....B.A.Sc., M.A.Sc. (Ottawa) .....Physicien
A. Jongejan .....Geol. Can. Drs. (Amsterdam), Ph.D. .....Rech. scient.

Minéraux métalliques

R.W. Bruce .....B.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Rech. scient.
A.I. Stemerowicz .....B.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Rech. scient.
D. Raicevic .....B.Sc. (Belgrade) .....Rech. scient.
G.I. Mathieu .....B.A., B.Sc. (Laval) .....Rech. scient.
R.H. Yoon .....M. Eng. (McGill) .....Rech. scient.

Évaluation technique et économique

W.J.S. Craigen .....B.Sc. (Queen's) .....Physicien
V.F. Harrison .....B.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
F.J. Kelly .....B.Ch.Eng. (N.S. Tech. College) .....Rech. scient.

Traitement des minéraux non métalliques

R.A. Wyman .....B.Sc. (Manitoba) .....Rech. scient.
I.B. Klymowsky .....M.Eng. (McGill), P.Eng. .....Rech. scient.

W.H. Cameron .....B.Sc. (Queen's) .....Physicien
G.A. Kent .....B.Sc., M.Sc. (McGill) .....Chimiste

Liaison industrielle

E.G. Joe .....B.Sc. (Queen's) .....Physicien

LABORATOIRE DES SCIENCES PHYSIQUES

D.C. Harris .....B.Sc., M.A., Ph.D. (Toronto) .....Directeur

Structure des cristaux

J.T. Szymanski .....B.Sc., Ph.D. (London) .....Rech. scient.
J.F. Rowland .....B.Sc., M.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.

État solide

M.G. Townsend .....B.Sc., Ph.D. (Southampton) .....Rech. scient.
J.L. Horwood .....B.A. (Toronto) .....Rech. scient.

Corrosion

G.R. Hoey .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Toronto) .....Rech. scient.
R.J. Brigham .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McMaster) .....Rech. scient.
A.W. Lui .....B.Sc., M.A.Sc. (Windsor) .....Rech. scient.
J.C. Saiddington .....Chem. Eng., M.A.Sc. (Toronto) .....Physicien

Minéralogie

L.J. Cabri .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McGill) .....Rech. scient.
W. Petruk .....B.Eng., M.Sc., Ph.D. (McGill) .....Rech. scient.
S. Kaiman .....B.S., M.A. (Toronto) .....Physicien
M.R. Hughson .....B.Sc. (Western Ontario) .....Physicien
J.L. Jambor .....B.A., M.Sc. (UBC), Ph.D. (Carleton) .....Rech. scient.
T.T. Chen .....B.Sc. (T'ai-Wan), M.Sc. (Carleton), Ph.D. (Cornell) ..Rech. scient.

Chimie métallurgique

J.E. Dutrizac .....B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. (Toronto) .....Rech. scient.
D.J. MacKinnon .....B.Sc., M.A., Ph.D. (Ottawa) .....Rech. scient.
E. Rolia .....B.A. (UBC) .....Chimiste
D.J. Francis .....B.Sc., Ph.D. (Alberta) .....Rech. scient.
R.J.C. MacDonald .....B.Sc. (St-François-Xavier) .....Physicien
V.S. Sastri .....B.Sc., M.A., Ph.D. (State U. of N.Y.) .....Chimiste

Chimie physique

A.H. Webster .....B.A., M.A., Ph.D. (UBC) .....Rech. scient.
S.A. Mikhail .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Le Caire), D.Eng. (Norvège) .....Boursier postdoctoral
S.M. Ahmed .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Saskatchewan) .....Rech. scient.
R. Sutarno .....B.E., M.E., Ph.D. (N.S. Tech.) .....Rech. scient.
R.F. Pilgrim .....B.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
L.G. Ripley .....B.Sc., M.A. (Queen's) .....Rech. scient.
D.M. Farrell .....B.Sc. (UBC) .....Chimiste

LABORATOIRE DES MINÉRAUX INDUSTRIELS

G.W. Riley .....B.Sc. (Camborne School of Mines), P.Eng. .....Directeur

Matériaux de construction

V.M. Malhotra .....B.Sc., B.E. (W. Australia) .....Rech. scient.
H.S. Wilson .....B.E. (Saskatchewan) .....Rech. scient.
E.E. Berry .....C. Chem., MRIC, Ph.D. (Surrey) .....Rech. scient.
G.G. Carette .....B.Sc. (Laval) .....Ingénieur

Minéraux non métalliques et résiduels

R.K. Collings .....Eng. Dipl., B.E. (N.S. Tech.), P.Eng. .....Rech. scient.
A.A. Winer .....B.A.Sc. (Toronto), P.Eng. .....Rech. scient.
S.S. Wang .....B.Sc. (Hong Kong Baptist), M.Sc. (U. of California), Ph.D. (Toronto) .....Physicien
C.A. Hamer .....Dipl. Eng. (Dalhousie), B.E. (Nova Scotia), M.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.

Minéralogie des minerais

R.M. Buchanan .....B.A., M.A. (Toronto) .....Physicien
J.A. Soles .....B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. (McGill), P.Eng. . .....Rech. scient.
R.S. Dean .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McGill), P.Eng.. .....Rech. scient.

Céramique

K.E. Bell .....B.E. (Saskatchewan), P.Eng. .....Rech. scient.
T.A. Wheat .....Ph.D. (Leeds) .....Rech. scient.
D.H.H. Quon .....B.Sc. (U. nationale de Sun Yat-Sen), M.Sc. (Ohio U.), Ph.D. (Michigan U.) .....Rech. scient.
D.J. Green .....B.Sc. (Liverpool), M.Sc. (McMaster), Ph.D. (McMaster) Rech. scient.
V.V. Mirkovich .....Dipl. Eng. (Zagreb), Ph.D. (Toronto).....Rech. scient.
T.B. Weston .....B.A. (Toronto) .....Rech. scient.

LABORATOIRE DE LA MÉTALLURGIE PHYSIQUE

H.V. Kinsey .....B.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Chef, détaché auprès du bureau du directeur général
R.K. Buhr .....B.Eng. (McGill) .....Chef intérimaire

Corrosion

G.J. Biefer .....B.Sc., Ph.D. (McGill) .....Rech. scient.
J.B. Gilmour .....B.Sc. (Queen's), Ph.D. (McMaster), P.Eng. .....Rech. scient.
R.D. McDonald .....B.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
I.C.G. Ogle .....B.Sc., Ph.D. (UBC) .....Rech. scient.

Physique appliquée

A.J. Williams .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Birmingham), P.Eng. .....Rech. scient.
D.M. Fegredo .....B.Sc., M.Sc., Dipl. I.I.Sc., Ph.D. (Sheffield), A.I.M. Rech. scient.
L.P. Trudeau .....B.A.Sc., M.A. (Toronto) .....Rech. scient.
O. Vosikovsky .....B.A.Sc., Ph.D. (Prague) .....Rech. scient.

Métaux ferreux

J.D. Boyd .....B.A.Sc. (Toronto), Ph.D. (Cambridge) .....Rech. scient.
D.R. Bell .....B.Eng. (McGill) .....Rech. scient.
M.J. Godden .....B.Met., Ph.D. (Sheffield) .....Rech. scient.
R.F. Knight .....B.Sc., M.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
M.J. Lavigne .....B.A., B.A.Sc., Ph.D. (Laval) .....Rech. scient.
D.E. Parsons .....B.A.Sc. (Toronto) .....Rech. scient.
W.R. Tyson .....B.A.Sc. (Toronto), Ph.D. (Cambridge) .....Rech. scient.

Fonderie

K.G. Davis .....B.Sc., M.A.Sc., Ph.D. (UBC) .....Rech. scient.
C.J. Adams .....B.Sc. (Sir George Williams), M.Sc. (Met) (McGill) ....Rech. scient.
E.I. Szabo .....M.Sc., Ph.D. (Nottingham) .....Rech. scient.
R.D. Warda .....B.A.Sc. (UBC), Ph.D. (Cambridge) .....Rech. scient.

Essais mécaniques

P.J. Todkill .....B.A.Sc. (Toronto) .....Ingénieur
J. Harbec .....B.Eng. (McGill), P.Eng. .....Ingénieur

Traitement des métaux

M.J. Stewart .....B.A.Sc., Ph.D. (UBC) .....Rech. scient.
A.F. Crawley .....B.Sc., Ph.D. (Glasgow) .....Rech. scient.
J.T. Jubb .....B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. (Toronto) .....Rech. scient.
H.M. Skelly .....B.Sc., Ph.D. (Glasgow) .....Rech. scient.

Physique des métaux

W.N. Roberts .....M.A., Ph.D. (Leeds) .....Rech. scient.
E.E. Laufer .....B.Sc., M.Sc. (Dalhousie), Ph.D. (Virginia) .....Rech. scient.
K.S. Milliken .....B.Sc. (Queen's) .....Rech. scient.
C.M. Mitchell .....B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. (Toronto) .....Rech. scient.
J. Ng-Yelim .....B.Sc. (Ottawa) .....Physicien
R.H. Packwood .....B.Sc., Ph.D. (Birmingham) .....Rech. scient.
K.M. Pickwick .....B.Sc. (Tech.), Ph.D. (Manchester) .....Rech. scient.
Y.L. Yao .....B.Sc., M.Eng., Ph.D. (Lehigh) .....Rech. scient.

Essais non destructifs

V.L. Caron .....B.A.Sc. (Laval), M.Eng. (Paris), P.Eng. .....Rech. scient.

Métaux non ferreux

J.O. Edwards .....B.Sc., M.Sc. (Manchester), P.Eng. .....Rech. scient.
D.C. Briggs .....B.Eng., M.Eng. (McGill), Ph.D. (Queen's) .....Rech. scient.
A. Couture .....B.A., B.A.Sc. (Laval), P.Eng. .....Rech. scient.
J.-L. Dion .....B.A.Sc. (Montréal) .....Ingénieur
B. Lagowski .....B.Sc., M.Sc. (Polish Univ., London) .....Rech. scient.
W.A. Pollard .....B.Sc., A.R.S.M. (London), P.Eng. .....Rech. scient.
G.E. Ruddle .....B.A.Sc., M.Sc. (Waterloo), D.Sc. (Virginia), P.Eng. ..Rech. scient.
J.J. Sebisty .....B.A.Sc. (Toronto), P.Eng. .....Rech. scient.
R. Thomson .....B.Sc., ARCST, Ph.D. (Glasgow) .....Rech. scient.
L.V. Whiting .....B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McGill) .....Rech. scient.

Soudage

K. Winterton .....B.Sc., Ph.D. (Birmingham), P.Eng. .....Rech. scient.
W.P. Campbell .....B.Sc. (Queen's), P.Eng. .....Rech. scient.
J. Gordine .....B.Sc., Ph.D. (Leeds) .....Rech. scient.
Z. Paley .....B.Sc., M.Sc. (Haifa), Ph.D. (McGill) .....Rech. scient.

PERSONNEL DE CANMET AU 31 MARS 1977 (TEMPS PLEIN)

Division	Professionnels hautement qualifiés	Autres	Total
Administration	2	21	23
Bureau des programmes de recherches	10	5	15
Laboratoires de recherche sur l'énergie	49	71	120
Laboratoires de recherche minière	47	39	86
Laboratoires des sciences minérales	92	117	209
Laboratoires de la métallurgie physique	49	83	132
Division de l'information technologique	12	19	31
Division des services techniques	2	67	69
Total	263	422	685

Appendice B
Représentation aux comités techniques en 1976-77

BDG	Bureau du directeur général
BPR	Bureau des programmes de recherches
DIT	Division de l'information technologique
LPM	Laboratoires de la métallurgie physique
LRE	Laboratoires de recherche sur l'énergie
LRM	Laboratoires de recherche minière
LSM	Laboratoires de sciences minérales

INTERNATIONAL

ASSOCIATION INTERNATIONALE DE MINÉRALOGIE
- Commission sur les nouveaux minéraux et leurs appellations (membre) .....D.C. Harris (LSM)
- Commission sur la microscopie des minerais (représentant du Canada) .....L.J. Cabri (LSM)

BRITISH FLAME RESEARCH COMMITTEE (directeur) .....E.R. Mitchell (LRE)

COMITÉ INTERNATIONAL SUR L'EXTRACTION AU SOLVANT (membre) .....G.M. Ritcey (LSM)

COMMISSION ÉCONOMIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE
- (Ingénieur conseil en pollution atmosphérique) .....E.R. Mitchell (LRE)

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
- Comité technique 31, Sous-comité canadien des appareils électriques pour les atmosphères explosives (président) .....J.A. Bossert (LRM)

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE
- Comité national canadien TC-4,1, Éclairage intérieur
- Sous-comité de l'éclairage dans les mines (membre) .....A.L. Job (DIT)

COMMISSION MIXTE CANADO-SOVIÉTIQUE POUR LA COOPÉRATION DANS L'APPLICATION INDUSTRIELLE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE
- Groupe de travail de l'industrie des métaux non ferreux (président) .....V.A. Haw (BDG)

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA GAZÉIFICATION DU CHARBON ET L'HYDROGÉNATION DU CHARBON
- Comité consultatif (membre) .....M. Ternan (LRE)

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LE CONTRÔLE DES STRATES (VI)
- Comité international d'organisation (président) .....T.S. Cochrane (LRM)
  (secrétaire) .....T.E. Tibbetts (LRE)
- Comité exécutif canadien (président) .....T.S. Cochrane (LRM)
  (secrétaire) .....T.E. Tibbetts (LRE)
  (membres) .....K. Barron (LRM)
  A.S. Romaniuk (DIT)
- Sous-comité sur les articles (président) .....K. Barron (LRM)

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR L'EXTRACTION AU SOLVANT
- (président) .....G.M. Ritcey (LSM)
- (rédacteur des procès-verbaux) .....B.H. Lucas (LSM)

CONGRÈS INTERNATIONAL SUR LE TRAITEMENT DES MINÉRAUX
- Comité scientifique international (membre) .....L.L. Sirois (BPR)

CONGRÈS MONDIAUX DE L'EXPLOITATION MINIÈRE
- Comité national canadien (membre) .....D.F. Coates (BDG)
  (remplaçant) .....C. Mamen (DIT)
- Comité d'organisation (membre) .....D.F. Coates (BDG)

CONSEIL CONSULTATIF DE RECHERCHES AÉRONAUTIQUES DU COMMONWEALTH
- Groupe d'étude des matériaux (membre) .....A.J. Williams (LMP)
- Programme tripartite de coopération technique, Sous-groupe P, Comité technique (Métaux) .....L.P. Trudeau (LMP)

INSTITUTE OF BRIQUETTING AND AGGLOMERATION
- Comité exécutif (membre) .....T.E. Tibbetts (LRE)
- Comité des procès-verbaux (membre) .....T.E. Tibbetts (LRE)
- Comité du programme et des communications (membre) .....T.E. Tibbetts (LRE)

INSTITUTE OF FUEL
- Commonwealth Liaison Group (président) .....E.R. Mitchell (LRE)

INSTITUT INTERNATIONAL DE SOUDURE
- Conseil canadien (membres) .....W.P. Campbell (LMP)
  K. Winterton (LMP)
- Commission IX, Comportement des métaux soumis à la soudure (président) ..K. Winterton (LMP)
  (membre) .....W.P. Campbell (LMP)
- Sous-comité IX-F, Étude des recommandations concernant la soudure de l'acier de construction (membre) .....L.P. Trudeau (LMP)

INTERNATIONAL COAL PREPARATION CONGRESS (CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA PRÉPARATION DU CHARBON)
(Correspondant national) ..... J. Visman (LRE)

INTERNATIONAL COMMITTEE ON COAL PETROGRAPHY
Pétrographie (membre actif) ..... B.N. Nandi (LRE)
Sous-comité sur les applications industrielles de la pétrographie du charbon (membre) ..... B.N. Nandi (LRE)

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CORROSION AND DEPOSITS FROM COMBUSTION GASES (second)
Comité organisation (membres) ..... T.D. Brown (LRE)
G.K. Lee (LRE)

JOURNAL INTERNATIONAL DE L'HYDROMÉTALLURGIE (co-rédacteur) ..... G.M. Ritcey (LSM)

L'INSTITUT DES MINES, YOUGOSLAVIE
Sigurnost u Rudnicima (Sécurité dans les mines)
Comité de rédaction (membre) ..... M. Savich (LRM)

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES
Comité des politiques scientifiques et technologiques
Comité interministériel (membre) ..... V. Caron (LMP)
Groupe international des experts sur les substances instables
Sous-comité du nitrate d'ammonium (membre) ..... J.A. Darling (LRM)
Déplacement en masse de la pollution atmosphérique (membre) ..... H. Whaley (LRE)
Utilisation des résidus de chauffage (membre) ..... F.D. Friedrich (LRE)

ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE CONSULTATIVE DE LA NAVIGATION MARITIME
Sous-comité consultatif auprès du délégué canadien (membre) ..... J.A. Darling (LRM)
Comité des charges en vrac (membre) ..... H.F. Steger (LSM)

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION
Comité consultatif canadien
CERTICO, Homologation (membre) ..... J.A. Bossert (LRM)
REMCO, Matériaux de référence (président) ..... R.L. Cunningham (LSM)
(membre) ..... G.H. Faye (LSM)
TC-17/SC1, Méthodes d'analyse de l'acier et de la fonte (membre) ..... R.G. Sabourin (LSM)
SC4, Traitement thermique des alliages et découpage des aciers (membres) ..... R.K. Buhr (LMP)
D.E. Parsons (LMP)
SC4, Aciers au carbone et alliés "re-sulfurés" (membre) ..... D.E. Parsons (LMP)
SC6, Méthodes d'essais mécaniques (président) ..... D.E. Parsons (LMP)
SC7, Méthodes d'essais autres que mécaniques (membre) ..... D.E. Parsons (LMP)
SC11, Moulage de l'acier (secrétaire) ..... D.E. Parsons (LMP)
(membre) ..... V. Caron (LMP)
SC15, Aciers à rail (membre) ..... D.E. Parsons (LMP)
TC-18/SC1, Zinc et alliages de zinc (membre) ..... C.H. McMaster (LSM)
TC-25, Fonte (membre) ..... R.K. Buhr (LMP)
TC-26, Cuivre et alliages de cuivre (président) ..... J.O. Edwards (LMP)
SC1, Analyse du cuivre et des alliages de cuivre (membres) ..... C.H. McMaster (LSM)
R.G. Sabourin (LSM)
SC3, Alliages de cuivre de fonderie (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
WG5, Terminologie ..... J.O. Edwards (LMP)
TC-27, Combustibles minéraux solides (président) ..... W.J. Montgomery (LRE)
SC2, Charbon brun et lignites (membre) ..... W.J. Montgomery (LRE)
SC3, Coke (membre) ..... J.C. Botham (LRE)
WG9, Broyage (membre) ..... W.J. Montgomery (LRE)
WG12, Plasticité (membre) ..... J.C. Botham (LRE)
WG13, Analyse des cendres (secrétaire) ..... W.J. Montgomery (LRE)
TC-33/WG3, Matériaux réfractaires (membre) ..... K.E. Bell (LSM)
TC-44, Soudage (président) ..... K. Winterton (LMP)
TC-47, Chimie (membre) ..... C.H. McMaster (LSM)
TC-58/SC3/WG7, Essai de choc et essai d'aplatissement sur les bouteilles de gaz (membre) ..... L.P. Trudeau (LMP)
TC-69, Application de la statistique (membre) ..... R. Sutarno (LSM)
TC-71, Béton (président) ..... V.M. Malhotra (LSM)

TC-79, Les métaux légers et leurs alliages (membre) ..... P.J. Todkill (LMP)
SC1, Métaux légers et leurs alliages (membre) ..... C.H. McMaster (LSM)
TC-82, Section des mines (président) ..... R. Welwood (LRM)
(membre) ..... A.L. Job (DIT)
TC-102, Minerais de fer (secrétaire) ..... D.J. Charette (LSM)
(membre) ..... R. Sutarno (LSM)
SC1, Échantillonnage (président) ..... R. Sutarno (LSM)
SC2, Analyse chimique (président) ..... D.J. Charette (LSM)
WG7, Statistiques (président) ..... R. Sutarno (LSM)
SC3, Expérience physique (président) ..... D.A. Reeve (LRE)
(membre) ..... J.T. Price (LRE)
TC-109, Brûleurs à mazout et équipement connexe (membre) ..... T.D. Brown (LRE)
TC-111/SC1, Chaînes (membre) ..... R.K. Buhr (LMP)
SC4, Matériaux pour les chaînes (président) ..... R.K. Buhr (LMP)
TC-119, Essai des matières métallurgiques poudreuses et leurs produits (membre) ..... H.M. Skelly (LMP)
TC-129/SC2, Minerais d'aluminium (membre) ..... C.H. McMaster (LSM)
TC-155, Nickel et alliages de nickel (membre) ..... M.J. Lavigne (LMP)
SC3, Nickel affiné (membres) ..... D.J. Charette (LSM)
C.H. McMaster (LSM)
TC-164, Essais mécaniques des métaux (président) ..... P.J. Todkill (LMP)
TC-166, Objets céramiques en contact avec les aliments (membre) ..... K.E. Bell (LSM)

QUINZIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA CONDUCTIBILITÉ THERMIQUE
(président) ..... V.V. Mirkovich (LSM)

SOCIÉTÉ DE CHIMIE INDUSTRIELLE
Groupe de l'extraction au solvant et de l'échange d'ions (membre) ..... G.M. Ritcey (LSM)

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DE LA MÉCANIQUE DES ROCHES
(membre du conseil) ..... D.F. Coates (BDG)
Commission sur la terminologie, les symboles et la représentation graphique (membre) ..... W.M. Gray (LRM)
Commission sur les traductions et les publications (membre) ..... G. Herget (LRM)
Commission sur les normes des expériences en laboratoire et sur le terrain (membres) ..... M. Gyenge (LRM)
M. Herget (LRM)
Sous-comité de normalisation des expériences sur le terrain et de la diagraphie, Catégories I (11) et II (12), Prospection sismique et diagraphie (membre) ..... G. Larocque (LRM)

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DE LA TOURBE (vice-président) ..... T.E. Tibbetts (LRE)
Comité national canadien (secrétaire-trésorier) ..... T.E. Tibbetts (LRE)

TROISIÈME SYMPOSIUM SUR LES APPLICATIONS TECHNIQUES DE LA MÉCANIQUE DES MATÉRIAUX SOLIDES
Comité de sélection des articles (membre) ..... G. Herget (LRM)

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
Comité des activités (président) ..... V.M. Malhotra (LSM)
Comite 214, Évaluation des résultats des épreuves de résistance du béton (président) ..... V.M. Malhotra (LSM)
Comité 224, Fissuration du béton (membre) ..... V.M. Malhotra (LSM)

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS -

AMERICAN DEEP DRAWING RESEARCH GROUP (membre) ..... J.T. Jubb (LMP)

AMERICAN FOUNDRYMEN'S SOCIETY
Commission de rédaction du Cast Metals Research Journal (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
Comité de contrôle de la Commission de recherches (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
Comité d'étude du sable et des moules transformables (membre) ..... B. Lagowski (LMP)
Comité de recherche de la Division du fer ductile (membre) ..... R.K. Buhr (LMP)

AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION
Comité mixte de la technologie des aérosols
Sous-comités 1 et 2 (membre) ..... G. Knight (LRM)

AMERICAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGICAL AND PETROLEUM ENGINEERS
- Comité du cuivre, du nickel et des métaux précieux (membre) ..... G.M. Ritcey (LSM)
- Comité de l'hydrométallurgie (membre) ..... G.M. Ritcey (LSM)

AMERICAN SOCIETY FOR METALS
- Conseil de la Division de la science des matériaux (membre) ..... J.D. Boyd (LMP)
- Comité de l'information sur les métaux (président) ..... J.D. Boyd (LMP)
- Section locale de la vallée de l'Outaouais (président) ..... M.J. Stewart (LMP)
  (secrétaire-trésorier) ..... C.M. Mitchell (LMP)
  (secrétaire-trésorier adjoint) ..... G.E. Ruddle (LMP)
  (président du comité de l'enseignement) .... J.D. Boyd (LMP)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
- Groupe d'étude sur les résidus de l'exploitation minière (président) .... R.K. Collings (LSM)
- Groupe d'étude sur les fibres inorganiques existant dans la nature (membre) ..... A.A. Winer (LSM)
- B-2, Métaux et alliages non ferreux (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
- B-5, Cuivre et alliages de cuivre, coulés et forgés (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
- B-6, Métaux et alliages coulés en coquille (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
- B-7, Métaux et alliages légers, coulés et forgés (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
- B-10, Métaux réactifs et métaux réfractaires (membre) ..... M.J. Godden (LMP)
- C-9, Béton (membre) ..... V.M. Malhotra (LSM)
  - C-9-02-05, Essais non destructifs du béton (membres) ..... V.M. Malhotra (LSM)
    A.A. Winer (LSM)
  - C-9-02-11, Essais de résistance accélérée (membre) ..... V.M. Malhotra (LSM)
- D-5, Charbon et coke (président) ..... W.J. Montgomery (LRE)
  - D-5-02, Nomenclature et définitions (membre) ..... W.J. Montgomery (LRE)
  - D-5-07, Propriétés physiques du charbon (membre) ..... T.A. Lloyd (LRE)
  - D-5-15, Plasticité et gonflement (membre) ..... J.C. Botham (LRE)
  - D-5-18, Classification (membres) ..... B.N. Nandi (LRE)
    J.G. Jorgensen (LRE)
  - D-5-21, Méthodes d'analyse (membre) ..... W.J. Montgomery (LRE)
  - D-5-22, Essais physiques du coke (membre) ..... J.C. Botham (LRE)
  - D-5-24, Statistiques (président) ..... J. Visman (LRE)
  - D-5-27, Groupe américain ISO/TC-27 (membre) ..... W.J. Montgomery (LRE)
  - D-5-28, Analyse pétrographique du charbon (membres) ..... B.N. Nandi (LRE)
    J.G. Jorgensen (LRE)
- D-18-12, Mécanique des roches (membres) ..... W.M. Gray (LRM)
  M. Gyenge (LRM)
- D-30-03, Fibres de haut module d'élasticité (membre) ..... A.A. Winer (LSM)
- E-2, Spectroscopie d'émission (vice-président) ..... G.L. Mason (LSM)
  - E-2-11, Minerais, laitiers et matières diverses (président) ..... G.L. Mason (LSM)
- E-7, Essais non destructifs (membre) ..... B. Lagowski (LMP)
- E-9, Fatigue (membres) ..... O. Vosikovsky (LMP)
  W.N. Roberts (LMP)
- E-11, Méthodes statistiques (membre) ..... J. Visman (LRE)
- E-16, Échantillonnage et analyse des minerais métalliques et matières connexes (membre) ..... R. Sutarno (LSM)
- E-24, Essais de rupture des métaux (membre) ..... L.P. Trudeau (LMP)
- E-28, Essais mécaniques (membre) ..... P.J. Todkill (LMP)
- E-34, Matières toxiques et dangereuses (membre) ..... A.A. Winer (LSM)
- E-38-06, Matériaux de construction de matières récupérées (membre)..... R.K. Collings (LSM)
- F-4, Matériaux chirurgicaux (membre)..... W.N. Roberts (LMP)

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS
- Comité de recherche de la Division des combustibles (membre) ..... G.K. Lee (LRE)
- Comité de recherche sur la corrosion et les dépôts dus aux gaz de combustion (membre) ..... G.K. Lee (LRE)
- Groupe d'étude sur la recherche en matière de conversion de l'énergie (membre) ..... G.K. Lee (LRE)

INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA
- Comité SP-12, Instruments destinés aux emplacements dangereux (membre) .. J.A. Bossert (LRM)

NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS
- Comité sectoriel des inhibiteurs (membre) ..... G.R. Hoey (LSM)

Comité sectoriel T-1F, Métallurgie des matériels d'exploitation des champs pétrolifères (membre) ..... I.C.G. Ogle (LMP)
Groupe d'étude T-1F-1, Spécifications imposées pour les matières: matières métalliques résistant à la fissuration sous contrainte en milieu sulfuré, destinées aux matériels d'exploitation des champs pétrolifères (membre) ..... I.C.G. Ogle (LMP)
Groupe d'étude T-1F-15, Données relatives à la fissuration sous contraintes en milieu sulfuré, obtenues par la procédure d'essai de traction NACE (membre) ..... I.C.G. Ogle (LMP)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL
Commission de la recherche sur les transports
Comité A2-E03, Propriétés mécaniques du béton (président) ..... V.M. Malhotra (LSM)

U.S. DEPT. OF THE TREASURY
Sous-comité technique de l'étiquetage des explosifs (membre canadien assurant la liaison) ..... R. Vandebeek (LRM)

WELDING RESEARCH COUNCIL
Comité des alliages de haute résistance (membre) ..... M.J. Lavigne (LMP)
Sous-comité de la résistance à la corrosion (membre) ..... M.J. Lavigne (LMP)
Sous-comité des alliages résistant à la chaleur (membre) ..... M.J. Lavigne (LMP)
Comité d'interprétation des rapports (président) ..... K. Winterton (LMP)
Comité de la soudabilité (membre) ..... W.P. Campbell (LMP)
Sous-comité des aciers à pipe-line (membre) ..... J. Gordine (LMP)

CANADA – NIVEAU FÉDÉRAL

CANMET
Comité d'amélioration de l'environnement (président) ..... E.R. Mitchell (LRE)
(membres) ..... G.N. Banks (LRE)
R.W. Bruce (LSM)
R.K. Buhr (LMP)
R.K. Collings (LSM)
E.D. Dainty (LRM)
J.O. Edwards (LMP)
W.M. Gray (LRM)
G.K. Lee (LRE)
H.H. McCreedy (LSM)
J.P. Mogan (LRM)
A.S. Romaniuk (DIT)
A.H. Webster (LSM)
B.J.P. Whalley (LRE)
Comité sur la rédaction et les publications (président) ..... C. Mamen (DIT)
(membres) ..... W. Gardiner (LRE)
J. Harbec (LMP)
A.L. Job (DIT)
S. Kaiman (LSM)
G.W. Taylor (DIT)
P.J. Todkill (LMP)
Programme de conversion au système métrique (coordonnateur) ..... B. Nebesar (LSM)

COMITÉ DE GESTION FÉDÉRAL-PROVINCIAL DES INVENTAIRES DU CHARBON
Sous-comité sur le charbon, Canada/Nouvelle-Écosse (membre) ..... T.E. Tibbetts (LRE)
Sous-comité sur le charbon, Canada/Saskatchewan (membre) ..... T.E. Tibbetts (LRE)

COMITÉ FÉDÉRAL-PROVINCIAL D'ARBITRAGE SUR L'EXPLOITABILITÉ DU CHARBON (ALBERTA) (membre) ..... T.S. Cochrane (LRM)

COMITÉ INTERMINISTÉRIEL SUR LA CONVERSION AU SYSTÈME MÉTRIQUE (membre) ..... M.J. Lavigne (LMP)

COMITÉ INTERMINISTÉRIEL SUR LA FUTUROLOGIE (membre) ..... D.F. Coates (BDG)

COMITÉ INTERMINISTÉRIEL SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE (membre) ..... E.R. Mitchell (LRE)

COMITÉ INTERMINISTÉRIEL SUR LA PRÉVISION TECHNOLOGIQUE (représentant de CANMET) ..... W.J.S. Craigen (LSM)

COMMISSION CANADIENNE DES TRANSPORTS
Comité des spécifications sur les hélices en acier moulé (membre) .....D.E. Parsons (LMP)

COMMISSION DE CONTRÔLE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE
Comité consultatif sur la sécurité dans les mines (membre) .....W.M. Gray (LRM)
(remplaçant) .....G. Zahary (LRM)
Comité consultatif sur la sécurité en matière de déchets radioactifs (membre) .....D. Moffett (LRM)
Comité consultatif sur la sécurité des réacteurs (membre) .....L.P. Trudeau (LMP)

COMMISSION DU SYSTÈME MÉTRIQUE
Comité directeur nº 4 (membres) .....M.J. Lavigne (LMP)
B. Nebesar (LSM)
Comité sectoriel nº 4,1 (membre) .....M.J. Lavigne (LMP)

CONSEIL DES BIBLIOTHÈQUES FÉDÉRALES
Comité de rationalisation des collections .....J.E. Kanasy (DIT)
Sous-comité sur les services de livraison aux bibliothèques .....G.M. Peckham (DIT)

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA
Comité mixte sur les matériaux et constructions aérospatiales (membre) ..A.J. Williams (LMP)
Comité mixte sur la recherche géotechnique
Sous-comité sur le muskeg (membre) .....T.E. Tibbetts (LRE)
Comité sur la sécurité aérienne
Sous-comité sur l'étiquetage des explosifs (président) .....R. Vandebeek (LRM)
Sous-comité sur l'équipement de sécurité (membre) .....R. Vandebeek (LRM)
Comité technique de liaison sur l'équipement de la police
Sous-comité, Section 2, Produits chimiques (membre) .....J.A. Darling (LRM)

MARINE ROYALE CANADIENNE
Comité technique sur les tôles d'acier utilisées dans la construction navale (membre) .....D.R. Bell (LMP)

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES
Comité sur le charbon (membre) .....T.E. Tibbetts (LRE)
Sous-comité d'évaluation des réserves de charbon (membre) .....H.U. Bielenstein (LRM)
Comité des bibliothécaires en chef (membre) .....G.M. Peckham (DIT)
Comité sur les économies d'énergie (membre) .....V.A. Haw (BDG)
Comité sur l'hygiène et la sécurité professionnelles (conseiller technique) .....I. Hargreaves (LSM)
Comité sur le confinement des déchets radioactifs (membre) .....G. Larocque (LRM)
Comité d'évaluation des ressources en zinc (membre) .....E.G. Joe (LSM)
Comité des usages d'ordinateur (membre) .....F.J. Kelly (LSM)
Comité de coordination des questions environnementales (membre) .....J.O. Edwards (LMP)
Comité de coordination sur l'exploitation minière marine (membres) .....A.L. Job (DIT)
B.H. Lucas (LSM)
D.J. MacKinnon (LSM)
G.M. Ritcey (LSM)
Comité sur l'exposition murale consacrée à la Terre (membre) .....C.F. Dixon (DIT)
Comité mixte pour la recherche sur les activités professionnelles et la protection de l'environnement dans la production d'uranium (secrétaire) .....G. Zahary (LRM)
Comité sur l'information scientifique et technique (membre) .....A.S. Romaniuk (DIT)
Groupe d'évaluation des ressources en uranium, comité directeur (membres) .....V.A. Haw (BDG)
R. Welwood (LRM)
Sous-comité d'évaluation des ressources en uranium (membres) .....H.H. McCreedy (LSM)
R. Welwood (LRM)
Sous-comité sur l'économie en matière d'uranium (membre) .....R. Welwood (LRM)
Sous-comité sur les réserves d'uranium (membre) .....R. Welwood (LRM)

MINISTÈRE DE L'EXPANSION ÉCONOMIQUE RÉGIONALE
Sous-comité de gestion de l'exploitation des minerais du Nouveau-Brunswick (membre) .....W.J.S. Craigen (LSM)

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE
Comité de gestion du contrat Sherritt Gordon/Cominco PAIT (membre) .....W.J.S. Craigen (LSM)

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
Comité technique sur les marchandises dangereuses (membre) .....J.A. Darling (LRM)

OFFICE DES NORMES DU GOUVERNEMENT CANADIEN
3-GP, Pétrole (membre) .....R. Draper (LRE)
10-GP, Matériaux réfractaires (membre) .....K.E. Bell (LSM)
18-GP, Combustibles solides (membres) .....W.J. Montgomery (LRE)
T.E. Tibbetts (LRE)
29-GP, Pellicules sensibles aux rayons X (membre) .....V. Caron (LMP)
48-GP, Essais non destructifs (membre) .....V. Caron (LMP)
51-GP, Isolation thermique (membre) .....A.C.S. Hayden (LRE)
52-GP, Principaux appareils ménagers (membre) .....R.D. McDonald (LMP)
53-GP, Cisailles (membre) .....D.E. Parsons (LMP)
75-GP, Carreaux de céramique (membre) .....D.E. Bell (LSM)

CANADA – DIVERS

AIR INDUSTRIES ASSOCIATION OF CANADA
Sous-comité sur les matériaux et le traitement (membre) .....A.J. Williams (LMP)

ASSOCIATION CANADIENNE DE L'ÉLECTRICITÉ
Section de l'énergie thermique de la zone est
Sous-section de l'étude sur le charbon (membre) .....T.E. Tibbetts (LRE)

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION
Contrôle de la pollution atmosphérique (membre) .....H. Whaley (LRE)
Aluminium et alliages d'aluminium (membre) .....W.A. Pollard (LMP)
Méthodes d'analyse (président) .....C.H. McMaster (LSM)
Code canadien de l'électricité, Partie I
Sous-comités chargés des sections 18, 20 et 24 (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Code canadien de l'électricité, Partie II
Boîtiers pour situations dangereuses de classe II, groupes E, F et G (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Boîtiers antiexplosions pour situations dangereuses de classe I, groupes A, B, C et D (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Appareils d'éclairage pour situations dangereuses (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Câbles de chauffage pour situations dangereuses (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Moteurs électriques et génératrices d'électricité pour situations dangereuses (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Équipement de détection de gaz combustibles (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Équipement sûr et ininflammable pour situations dangereuses (membre) .J.A. Bossert (LRM)
Prises de courant et fiches pour situations dangereuses (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Câbles pour situations dangereuses (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Code canadien de l'électricité, 5^{e} partie
Utilisation de l'électricité dans les mines (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Code de qualification des installations de réparation des équipements électriques pour situations dangereuses (membre) .....J.A. Bossert (LRM)
Fonte (membre) .....R.K. Buhr (LMP)
Les matières du béton (président) .....V.M. Malhotra (LSM)
(membre) .....G.G. Carette (LSM)
Agrégats (membre) .....H.S. Wilson (LSM)
Cuivre et alliages de cuivre (membre) .....J.O. Edwards (LMP)
Galvanisation d'objets de forme irrégulière (membre) .....J.J. Sebisty (LMP)
Galvanisation des fils (membre) .....J.J. Sebisty (LMP)
Appareils et équipements de chauffage au gaz (membre) .....E.R. Mitchell (LMP)
Code des oléoducs (membre) .....K. Winterton (LMP)
Gypse et chaux (membre) .....R.K. Collings (LSM)
Matériaux chirurgicaux (membre) .....W.N. Roberts (LMP)
Matériaux chirurgicaux métalliques (appareils orthopédiques en acier inoxydable) (coordonnateur) .....W.N. Roberts (LMP)
Rendement des incinérateurs (membres) .....F.D. Friedrich (LRE)
A.C.S. Hayden (LRE)
Code d'installation d'appareils de combustion des combustibles solides (membre) .....E.R. Mitchell (LRE)
Plomb et alliages de plomb (membre) .....A. Couture (LMP)

Gaz naturel liquéfié (membre) ..... K. Winterton (LMP)
Magnésium et alliages de magnésium (membre) ..... B. Lagowski (LMP)
Méthodes d'essais mécaniques (métaux non ferreux) (membre) ..... P.J. Todkill (LMP)
Laine minérale (membre) ..... H.S. Wilson (LSM)
Métallurgie des métaux non ferreux (président) ..... J.O. Edwards (LMP)
(membre) ..... C.H. McMaster (LSM)
Désignations (membre) ..... J.O. Edwards (LMP)
Éléments constituants des centrales nucléaires (membre) ..... L.P. Trudeau (LMP)
Code des oléoducs (membre) ..... K. Winterton (LMP)
Groupe d'étude de la résilience des oléoducs (membres) ..... D.R. Bell (LMP)
L.P. Trudeau (LMP)
K. Winterton (LMP)
Nickel de première fusion et alliages de nickel (membre) ..... M.J. Lavigne (LMP)
Propriétés des matériaux de construction des oléoducs (sous-comité mixte) (membre) ..... D.R. Bell (LMP)
La sécurité dans les opérations de soudage et de découpage (membre) ..... K. Winterton (LMP)
Procédés d'échantillonnage (membre) ..... J. Visman (LRE)
Échantillonnage et mesures à la source (président) ..... H. Whaley (LRE)
Métallisation au pistolet (membre) ..... J.J. Sebisty (LMP)
Pièces moulées en acier (membre) ..... D.E. Parsons (LMP)
Chaînes en acier (membre) ..... R.K. Buhr (LMP)
Tuyaux d'acier (membre) ..... D.R. Bell (LMP)
Acier de construction (membre) ..... D.R. Bell (LMP)
Électrodes de soudage (membre) ..... K. Winterton (LMP)
Organismes d'inspection des soudures (membre) ..... K. Winterton (LMP)
Soudage des pipe-lines (sous-comité mixte) (membre) ..... K. Winterton (LMP)
Zinc et alliages de zinc (membre) ..... A. Couture (LMP)

ASSOCIATION DES MINES D'AMIANTE DU QUÉBEC
Comité technique (membre) ..... A.A. Winer (LSM)

CAMBRIAN COLLEGE OF APPLIED ARTS AND TECHNOLOGY
Comité consultatif sur la géologie minière (membre) ..... G. Zahary (LRM)

CANADIAN CARBONIZATION RESEARCH ASSOCIATION
(secrétaire) ..... J.C. Botham (LRE)
Comité technique (secrétaire) ..... D.A. Reeve (LRE)

CANADIAN COAL PETROGRAPHERS GROUP (secrétaire) ..... B.N. Nandi (LRE)
(membres) ..... J.C. Botham (LRE)
J.G. Jorgensen (LRE)

CANADIAN GALVANIZING RESEARCH ASSOCIATION (secrétaire) ..... J.J. Sebisty (LMP)

CANADIAN GAS ASSOCIATION
Comité des codes (membre) ..... E.R. Mitchell (LRE)
Comité sur la prévention de la corrosion (membre) ..... G.J. Biefer (LMP)

CANADIAN GAS RESEARCH INSTITUTE
Conseil d'administration (membre) ..... E.R. Mitchell (LRE)

CANADIAN INSTITUTE OF ENERGY (administrateurs) ..... F.D. Friedrich (LRE)
G.K. Lee (LRE)

CANADIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING
(rédacteur associé) ..... V.M. Malhotra (LSM)

CANADIAN LIBRARY ASSOCIATION
Comité de la liberté intellectuelle (membre) ..... J.E. Kanasy (DIT)

CANADIAN MINERAL ANALYSTS ASSOCIATION (trésorier) ..... R.R. Craig (LSM)
(secrétaire) ..... G.A. Hunt (LSM)

CANADIAN MINERALOGIST, THE (co-rédacteurs) ..... L.J. Cabri (LSM)
J.L. Jambor (LSM)
(rédacteur associé) ..... D.C. Harris (LSM)

CANADIAN MINERAL PROCESSORS
Comité exécutif (trésorier) ..... R.W. Bruce (LSM)
(secrétaire) ..... E.G. Joe (LSM)

(membre) ..... H.H. McCreedy (LSM)

CANADIAN PROBE USERS' GROUP (président) ..... R.H. Packwood (LMP)

CANADIAN URANIUM PRODUCERS' METALLURGICAL COMMITTEE
(secrétaire) ..... H.H. McCreedy (LSM)

CANADIAN ZINC AND LEAD RESEARCH COMMITTEE
(secrétaire) ..... J.O. Edwards (LMP)
(membre) ..... J.J. Sebisty (LMP)

COMITÉ CONSULTATIF CANADIEN SUR LA MÉCANIQUE DES ROCHES
(secrétaire-trésorier) ..... W.M. Gray (LRM)

COMITÉ CONSULTATIF NATIONAL SUR LA RECHERCHE MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE
(vice-président) ..... D.F. Coates (BDG)
(secrétaire) ..... M.C. Campbell (LSM)
Sous-comité sur l'exploitation minière (membre) ..... G. Zahary (LSM)
Sous-comité sur la métallurgie physique (membre) ..... H.V. Kinsey (LMP)

COMITÉ DIRECTEUR SUR LA RESTAURATION DES TERRAINS D'ELLIOT LAKE ET
DU BASSIN DE SUDBURY (membres) ..... D.R. Murray (LRM)
G. Zahary (LRM)

COMITÉ TECHNIQUE D'ELLIOT LAKE SUR L'ÉLIMINATION DES RÉSIDUS (membre) ..... D. Moffett (LRM)

CONFÉRENCE CANADIENNE SUR LE CHARBON
Comité consultatif (membre) ..... T.E. Tibbetts (LRE)

ENDAKO MINES LIMITED
Comité directeur des recherches (membre) ..... G.J. Biefer (LMP)

FERROUS INDUSTRY ENERGY RESEARCH ASSOCIATION
Comité technique (membre) ..... D.A. Reeve (LRE)

GROUPE CANADIEN PERMANENT DE RECHERCHES SUR LES MOULAGES D'ACIER (membre) .. R. Thompson (LMP)

GROUPE D'ÉTUDE DE LA VENTILATION DES MINES D'ELLIOT LAKE (membres) ..... G. Knight (LRM)
M. Savich (LRM)
R.A. Washington (LRM)

HAILEYBURY SCHOOL OF MINES
Comité consultatif (membre) ..... R. Tervo (LRM)

INSPECTEURS PRINCIPAUX DES MINES, ÉLECTRICITÉ-MÉCANIQUE
(membre) ..... J.A. Bossert (LRM)

INSTITUT CANADIEN DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE
Division Algoma
Bureau (président) ..... G. Zahary (LRM)
(secrétaire-trésorier) ..... P. Miles (LRM)
(membre) ..... D. Hedley (LRM)
Comité de préparation du bulletin (membre) ..... C. Mamen (DIT)
(représentant de la Division du charbon) ..... A.S. Romaniuk (DIT)
(représentant de la Société métallurgique) ..... D.K. Faurschou (BPR)
(représentant de la Division des mines métalliques) ..... R.J.R. Welwood (LRM)
Comité exécutif de la direction de Calgary (1er vice-président) ..... K. Barron (LRM)
Comité national canadien sur la mécanique des roches (président) ..... D.F. Coates (BDG)
(secrétaire-trésorier) ..... D. Hedley (LRM)
Sous-comité, jury des récompenses (membre) ..... G. Zahary (LRM)
Sous-comité sur la fracturation des roches (membre) ..... W.M. Gray (LRM)
Sous-comité sur la mécanique des roches, appareillage et affaissement (membre) ..... D. Hedley (LRM)
Comité central de publication (membres) ..... R.M. Buchanan (LSM)
D.K. Faurschou (BPR)
Division du charbon (président) ..... T.S. Cochrane (LRM)
(secrétaire) ..... T.E. Tibbetts (LRE)

Comité des désignations (membre) ..... T.S. Cochrane (LRM)
Comité des publications (président) ..... T.E. Tibbetts (LRE)
Comité de la technologie (membre, méthodes d'exploitation) ..... K. Barron (LRM)
Division de la géologie (vice-président) ..... L.J. Cabri (LSM)
Comité du programme technique (président) ..... L.J. Cabri (LSM)
Division des minéraux industriels
Comité de l'enseignement (membre) ..... R.K. Collings (LSM)
Comité des désignations (président) ..... J.G. Brady (LSM)
Comité du programme technique (membre) ..... R.K. Collings (LSM)
Division des mines métalliques
Comité des publications (président) ..... R.J.R. Welwood (LRM)
Sous-comité sur l'aérage (président) ..... G. Knight (LRM)
Société métallurgique (1er vice-président) ..... G.M. Ritcey (LSM)
Conférence des métallurgistes, Ottawa 1976 (président) ..... G.M. Ritcey (LSM)
Comité consultatif de la section de l'hydrométallurgie (membres) ..... J.E. Dutrizac (LSM)
G.M. Ritcey (LSM)
Comité consultatif de la section de la technologie des matières (membre) ..... J.D. Boyd (LMP)
Comité consultatif de la section de la pyrométallurgie des métaux non ferreux (vice-président) ..... J.E. Dutrizac (LSM)
Comité des publications (président) ..... D.K. Faurschou (BPR)
(membre) ..... J.D. Boyd (LMP)
Comité du programme technique (président) ..... J.E. Dutrizac (LSM)
Direction d'Ottawa
Comité exécutif (président) ..... D.A. Reeve (LRE)
(secrétaire-trésorier) ..... M.C. Campbell (LSM)
(membres) ..... W.J. Craigen (LSM)
D.J. MacKinnon (LSM)
W. Petruk (LSM)
J.T. Price (LRE)
Comité des ouvrages spéciaux (président) ..... R.M. Buchanan (LSM)
(représentant de la Division du charbon) ..... J.C. Botham (LRE)
Comité du programme technique (2e vice-président) ..... M.C. Campbell (LSM)
(membres) ..... R.M. Buchanan (LSM)
D.K. Faurschou (BPR)
(représentant de la Division du charbon) ..... T.E. Tibbetts (LRE)
(représentant de la Division de la géologie) ..... L.J. Cabri (LSM)

INSTITUT DE CHIMIE DU CANADA
Comité des politiques et du financement scientifiques (membre) ..... M. Ternan (LRE)
Comité des scrutateurs (président) ..... J.C. Hole (LSM)

LETHBRIDGE COMMUNITY COLLEGE
Comité consultatif sur le programme d'exploitation minière (membre) ..... H.U. Bielenstein (LRM)

MINERALOGICAL ASSOCIATION OF CANADA
Conseil (membres d'office) ..... L.J. Cabri (LSM)
J.L. Jambor (LSM)
Comité de réyision du règlement administratif (membre) ..... S. Kaiman (LSM)

ONTARIO AGRICULTURAL COLLEGE, UNIVERSITÉ DE GUELPH
Comité d'étude et cultures (membre) ..... D.R. Murray (LRM)

SAULT COLLEGE OF APPLIED ARTS AND TECHNOLOGY
Conseil de direction (représentant de la municipalité) ..... R.A. Washington (LRM)
Comité consultatif sur les cours pour les techniciens d'aérage
(membres) ..... G. Knight (LRM)
R.A. Washington (LRM)

SOCIÉTÉ CANADIENNE DE GÉOTECHNIQUE
Groupe géotechnique d'Ottawa
Comité des programmes (membres) ..... W.M. Gray (LRM)
M. Gyenge (LRM)

SOCIÉTÉ CANADIENNE DE LA CÉRAMIQUE (administrateur) ..... K.E. Bell (LSM)
Comité sur la céramique (président) ..... T.A. Wheat (LSM)
Rédacteur en chef du Journal ..... K.E. Bell (LSM)

Comité de rédaction (membre) ..... T.A. Wheat (LSM)
Division de l'électronique et de la science fondamentale (président) .... T.A. Wheat (LSM)
Comité des programmes (membre) ..... T.A. Wheat (LSM)

SOCIÉTÉ CANADIENNE DU GÉNIE CHIMIQUE
Section d'Ottawa
Bureau (membre) ..... K.K. Feng (LRM)
Comité des programmes (membres) ..... B.B. Pruden (LRE)
M. Ternan (LRE)

SPECTROGRAPHY SOCIETY OF CANADA
Comité d'étude sur le programme des matériaux de référence (membre) ..... R.D. McDonald (LMP)
Groupe d'étude des métaux non ferreux (membre) ..... R. Thomson (LMP)

SPECTROSCOPY SOCIETY OF CANADA
Canadian Journal of Spectroscopy (rédacteur technique) ..... G.L. Mason (LSM)
Comité du Journal (membre) ..... G.L. Mason (LSM)
Comité exécutif national (secrétaire) ..... J.L. Dalton (LSM)
Section de la vallée de l'Outaouais (trésorier) ..... C.W. Smith (LSM)
(secrétaire) ..... T.R. Churchill (LSM)
Représentant auprès du SCITEC ..... B. Nebesar (LSM)
Comité de planification à long terme du SCITEC (membre) ..... B. Nebesar (LSM)
Comité de la politique scientifique et des affaires publiques
(président) ..... B. Nebesar (LSM)
24^{e} Symposium (secrétaire) ..... T.R. Churchill (LSM)

STEEL CASTINGS INSTITUTE OF CANADA
Comité de recherche (membre) ..... R.K. Buhr (LMP)

SYMPOSIUM SUR L'ANALYSE DES MATÉRIAUX GÉOLOGIQUES
Comité organisateur (membres) ..... G.A. Hunt (LSM)
R.G. Sabourin (LSM)

UNIVERSITÉ DE L'ALBERTA
Comité consultatif du "Department of Mineral Engineering" (membre) ..... K. Barron (LRM)

UNIVERSITÉ QUEEN'S, CENTRE FOR RESOURCE STUDIES
Conseil d'administration (membre) ..... D.F. Coates (BDG)